# TÉCNICA

## REVISTA DE ENGENHARIA
DOS ALUNOS DO I.S.T.

N.º 119-Abril-1941

# "LUSALITE"

**fibro-cimento nacional**

EM

INCOMBUSTÍVEL
LEVE
RESISTENTE
ISOLADOR
IMPUTRESCÍVEL

Tubos para pressões hidráulicas de 3 a 12 K.os/cm.2
Chapas onduladas para coberturas
Chapas lisas para revestimento de tetos, tabiques, etc.
Produtos da Sociedade Portuguesa de Fibro-cimento

ÚNICOS CONCESSIONÁRIOS:

CORPORAÇÃO MERCANTIL PORTUGUESA, L.DA

Rua de S. Nicolau, 123

Telefones: 2 2091 — 2 2092 — 2 2093 — **LISBOA** — Telegramas: Lusalite

## Cimento «Liz» hidrofugado «N»

PRÓPRIO PARA

IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS

REBOCOS, FUNDAÇÕES, PAREDES, ETC.

Substitue com vantagem de ordem técnica e económica todos os impermeabilizadores conhecidos.

Em sacos de papel de 50 quilos

Peçam instruções para o seu emprêgo

**Sede: Rua do Cais de Santarém, 64, 1.º — LISBOA**
**Filial: Rua de Santo António, 190-A, 1.º — PORTO**

Agentes em todo o País

NÚMERO
119
Abril — 1941

# TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA
DOS
ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Redacção e Administração: AV. ROVISCO PAIS, IST / LISBOA-N. / TEL. 49144 (linha 50)

**DIRECTOR**
CARLOS KRUS ABECASIS
**ADMINISTRADOR**
NUNO ABRANTES
**BIBLIOTECÁRIO**
LUIS DE ALMEIDA ALVES
**CORPO REDACTORIAL**
Vasco Mendes de Sousa
José Faria da Fonseca Santos
Militão Rosa Pereira
Silvério da Silva

NÚMERO AVULSO 5$00
**ASSINATURAS:**

| | 3 N.os | 6 N.os | 12 N.os |
|---|---|---|---|
| Continente e Ilhas | 12$00 | 23$00 | 44$00 |
| Colónias Portuguesas e Espanha... | — | 30$00 | 55$00 |
| Estrangeiro..... | — | 40$00 | 70$00 |

**EDITOR E PROPRIETÁRIO**
ASS. DOS ALUNOS DO I. S. T.

COMPOSTO E IMPRESSO
NAS
OFICINAS FERNANDES
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

# SUMÁRIO

**Capa — Central Hidroeléctrica da Ponte de Jugais.**

| | | Págs. |
|---|---|---|
| **Um grave problema pedagógico** . . . . . | Prof. Eng. Vicente Ferreira | 281 |
| **O cálculo do Betão Armado aplicado aos edifícios** . . . . | Eng. Civil J. de Cang . . . | 283 |
| **Cálculo dos colectores de esgôto de secção ovoide** . . . . | Eng. Civil (I. S. T.) José Gomes Alvarez . . . . . | 301 |
| **Algumas considerações àcêrca do «Regulamento do Betão Armado» português** . . . . | Eng. Civil (U. P.) D. M. Vieira Barbosa . . . . . | 327 |
| **Vida Escolar e Associativa** . . . | Júlio Freire Themudo Barata | 341 |
| **Publicações recebidas** . . . . . | . . . . . | 344 |

**RÁDIO — TELEFONES — CABOS**

*Aparelhos de precisão para medidas eléctricas*

**A MARCA DE REPUTAÇÃO MUNDIAL**

*Standard Electrica*

**Praça dos Restauradores, 47, 1.º**

**LISBOA**

Telefones P. B. X. 2 8590 e 2 6165

**Sondages. Etanchements. Consolidations**

**"Procédés Ródio"**

Sondagens geológicas

Estudo da resistência e permeabilidade de terrenos; laboratório geofísico

Consolidação e impermeabilização de terrenos e alvenarias por meio de injecções de cimento, produtos químicos, emulsão betuminosa Shellperm, etc.

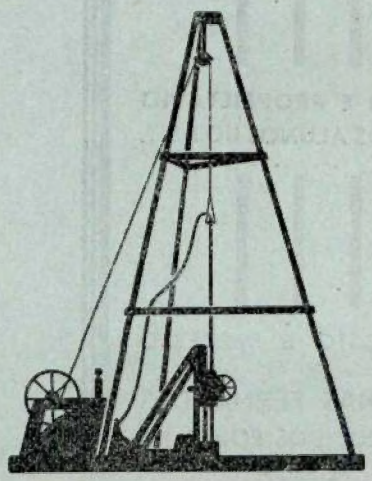
Estacas de beton armado, sistema **Ródio** sem fazer trepidar o solo

Rebocos comprimidos por «**cement gun**»

Fundações em terrenos difíceis por congelação artificial, ou baixando o nível da água friática.

Sociedade Anónima com séde em PARIS

**As melhores referências no paiz e no estrangeiro**



**Engenheiro delegado para Portugal**

**Walter Weyermann**

**P. do Município, 32-2.º--LISBOA Tel. 2 8685**

# Tabelas

# para o Cálculo do Betão Armado

Elaboradas em completo acôrdo com o Regulamento Português do Betão Armado

PELO ENGENHEIRO FERNANDO VASCO COSTA

A' venda na Redacção da "Técnica"

## OFICINAS E LABORATÓRIOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

**Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva**

# União Eléctrica Portuguesa

S. A. R. L.

**Rua Duque de Loulé, 240**

**PORTO**

**Telef. 2 830 P. B. X. e 90 Est.**

CAPITAL { Acções . . . **40.000 contos**
Obrigações . . . **25.000 contos**

**ELECTRICIDADE DO LINDOSO**

FORÇA { instalada { hidráulica . **40.000** CV
térmica (reserva) **22.000** CV
já contratada . . . . . **30.000** CV
disponível . . . . . **10.000** CV

A **União Eléctrica Portuguesa** distribui e vende electricidade nos **distritos** de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU e de LEIRIA, pela mais extensa rêde de alta-tensão em Portugal (mais de 1.000 kms), levando fôrça motriz às FÁBRICAS e luz a CIDADES, VILAS, ALDEIAS e LOGARES

A **U. E. P.** facilita a electrificação de Fábricas e oferece as maiores vantagens nas suas tarifas

**Consultar a U. E. P. e consumir a energia do Lindoso é proveitoso negócio**

C I M E N T O

# SECIL

Fabricado pelos mais modernos processos e preferido para todos os trabalhos de responsabilidade.

Sacos de papel ou de juta com 50 Kg.

Barricas de 180 Kg.

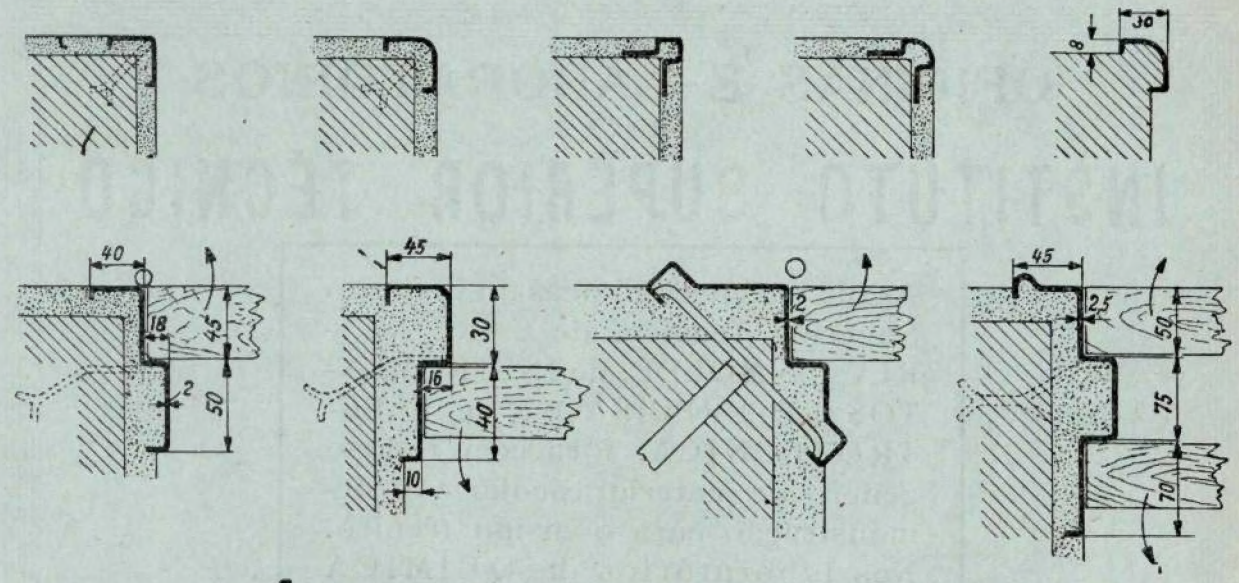
**S E C I L**

COMPANHIA GERAL DE CAL E CIMENTO

RUA DO COMERCIO, 56, 3.º

LISBOA

**ALGUNS EXEMPLOS DOS PERFIS QUE SE PODEM REALIZAR**




LISBOA **FÁBRICA PORTUGAL**

**FABRICAÇÃO DE PERFIS DE CHAPA PARA TODOS OS GENEROS DE TRABALHOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL**

UMA REVOLUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

TÉCNICA
CARLOS KRUS ABECASIS
DIRECTOR

ANO XVI - N.º 119 ABRIL 1941

# UM GRAVE PROBLEMA PEDAGÓGICO

*Para um dos mais transcendentes problemas que o nosso Instituto tem de resolver bem e com relativa urgência — o problema das «Fôlhas» — o Senhor Prof. Vicente Ferreira traz-nos a contribuïção valiosa do seu talento invulgar e da sua competência indiscutida.*

*Porque é uma questão melindrosa e de importâucia capital, pedimos a Sua Excelência autorização para publicar a lucidíssima resposta que deu a uma circular que dirigimos a todos os Senhores Professores e Assistentes.*

*Sua Excelência acedeu com gentil prontidão.*

*Penhorados pela maneira decidida por que Sua Excelência zela os verdadeiros interêsses dos alunos, aqui deixamos um muito vivo e sincero agradecimento; tanto mais que Sua Excelência tem tratado carinhosa e paternalmente a Direcção da Associação: — ontem, honrando o Instituto com uma das mais belas conferências proferidas nas nossas salas, hoje, distinguindo-nos com o documento de categoria que os leitores da «Técnica» vão saborear.*

A Direcção da Associação dos Estudantes do I. S. T.

Com muito prazer respondo à sua carta de 12 do corrente.

Considero excelente o propósito da A. E. I. S. T. de editar o texto das lições dos professores do I. S. T.

Com efeito — se as coisas se passarem como V. Ex.ª indica na sua carta — a «leitura prévia e conscienciosa da matéria» ajudará o aluno a seguir e compreender a lição oral e, até, a concentrar a atenção em certos pontos que, porventura, tenham deixado dúvidas no seu espírito ou merecido particular interêsse, durante a leitura.

Por seu lado, o professor poderá confiar ao cuidado do aluno a leitura, no texto publicado, de certas noções gerais ou de simples descrições, e aplicar-se a *desenvolver, comentar e exemplificar* pontos especiais e importantes da disciplina ou da técnica que professa e que absorveriam demasiado tempo se houvesse de ditá-las na aula. Já assim procedo na cadeira de Pontes e julgo que com proveito dos alunos.

Há, porém, um inconveniente, a meu ver, grave, e que muito convém ponderar: — o dos alunos não fazerem a tal «leitura prévia e conscienciosa da matéria», e, por indolência ou outros motivos, contentarem-se com a leitura perfunctória das «fôlhas», nas vésperas do exame, aba-

lançando-se, com tam fraca preparação, a prestar provas, de cujo resultado pode depender tôda a sua carreira futura. É o caso mais freqüente.

Infelizmente, a experiência também ensina — e V. Ex.ª deve já sabê-lo, pela observação dos seus condiscípulos — que *a maioria dos alunos não comparece às aulas teóricas,* nem para tirar apontamentos, nem para seguir as explanações efectuadas à vista de fotografias, modelos ou aparelhos. A publicação das «fôlhas» virá, dêste modo, a constituir um incentivo para generalizar uma prática que todos reputamos nociva. Esta consideração tem-me levado, até hoje, a recusar a cópia das minhas lições de Caminhos de Ferro, com bastante prejuízo do ensino, porque me vejo obrigado a omitir capítulos importantes da matéria.

É certo, por outro lado, que no regime de «livre freqüencia», adoptado no nosso Instituto, se conta com o sentimento de responsabilidade e a capacidade de auto-direcção dos alunos e que o professor cometerá grave injustiça se prejudicar os estudantes que possuem aquele sentimento, em proveito, — se dêste modo é lícito exprimir-me — dos que permanecem «menores» mesmo depois dos 21 anos.

Pode dizer-se que, na classificação das provas, os «ausentistas» encontrarão o justo correctivo da sua incúria, preguiça, fraqueza de carácter ou lá como deva chamar-se... Sucederá então, que a aplicação rigorosa do princípio do «maior proveito dos alunos conscienciosos» — que é, também, o do melhor proveito do ensino — tornará irremediáveis, para muitos rapazes inteligentes e de bom carácter, as conseqüências de certos desvios temporários. E para as famílias também!...

É lamentável que estes fenómenos se produzam com tal freqüência e intensidade que já parecem sintomas graves de falecimento de qualidades morais da mocidade portuguesa, a indicar a necessidade de remédios dolorosos, da parte dos professores.

Por mim, estou convencido de que V. Ex.ª e os seus colegas da A. E. I. S. T., especialmente por intermédio da Secção Cultural, muito poderão contribuir para reduzir o mal. E as famílias também, e muito principalmente!

Colega e Amigo muito at.º e obrigado

*VICENTE FERREIRA*

# O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO APLICADO AOS EDIFÍCIOS

POR

J. DE CANG

Engenheiro civil

Professor da Universidade do Trabalho de Charleroi

*Encontrando-se em Portugal o Prof. Eng. Jean De Cang, da Universidade do Trabalho de Charleroi, pareceu de alto interêsse à direcção da «Técnica» a publicação, em vernáculo, do seu «Calcul du Béton Armé Appliqué au Bâtiment». De acôrdo com S. Ex.ª, iniciamos hoje na nossa Revista aquela publicação, certos de que será êste mais um serviço prestado pela «Técnica» aos seus leitores e de que êles muito o hão-de apreciar.*

## CAPÍTULO I

## 1.—Composição do betão para execução de betão armado e limites de fadiga admitidos para a compressão

Limitar-nos-emos a indicar a composição normal e a resistência do betão, que são prescritas no Regulamento Português do Betão Armado (R. B. A.), no artigo 10.º, alíneas *c*), *d*) e *e*), ou seja: (1)

«*c*) — A dosagem do betão normal será de 300 kg de cimento, 400 l de areia e 800 l de pedra; podem-se, porém, adoptar outras dosagens, mas de forma que a quantidade de cimento por m³ de betão, antes da prêsa e apiloado, seja pelo menos 300 kg.

*d*) — A resistência específica *C* do betão normal aos 28 dias será pelo menos de 180 kg/cm².

*e*) — Na construção de edifícios em partes não sujeitas às acções das intempéries ou umidades poderá empregar-se a dosagem de 270 kg de cimento por m³ de betão, desde que haja especial cuidado na selecção dos materiais e no apiloamento. Excepcionalmente, nas mesmas condições e com prévia autorização da entidade competente, poderá esta quantidade de cimento ser reduzida para 250 kg, desde que a composição granulométrica dos materiais seja convenientemente escolhida, os trabalhos feitos com o maior escrúpulo e se observe a doutrina do § único do art. 21.º quanto aos cálculos, execução e fiscalização dos trabalhos. A resistência específica mínima dêstes betões deverá ser a mesma que a indicada para o betão normal.»

O cimento a empregar no fabrico do betão deverá ser, como indica o R. B. A. (art. 5.º), Cimento Portland Normal ou de prêsa lenta, mas em casos especiais poderão ser empregados cimentos de alta resistência e cimentos de prêsa rápida.

De harmonia com o preceituado no art. 21.º do R. B. A., os limites de fadiga do betão, resultantes da compressão simples (suportes sem encurvadura), ou à compressão, resultantes da flexão simples ou composta, em Edifícios, são os seguintes:

| Natureza da Compressão | Limites em kg/cm² | |
|---|---|---|
| | Em geral | Máximo |
| a) *Compressão simples:* | | |
| 1) Betão de cimento Portland normal ... ... ... ... ... ... ... | 40 | |
| 2) Betão de cimento de alta resistência .. ... ... ... ... ... ... | 45 | |
| Limite dependente da resistência C de cubos ... ... ... | $\frac{C}{3,5}$ | 60 |
| b) *Compressão resultante da flexão simples ou composta:* | | |
| 1) Betão de cimento Portland normal ... ... ... ... ... ... .. | 45 | |
| 2) Betão de cimento de alta resistência .. ... ... ... ... ... ... | 50 | |
| Limite dependente da resistência C de cubos ... ... ... ... | $\frac{C}{3}$ | 65 |

(1) Na edição original em francês, faz-se sòmente referência, como é evidente, às instruções da Association Belge de Standardisation. (N. T.)

Os limites indicados na alínea *b*) para a compressão resultante da flexão poderão ter um aumento de 5 kg/cm² nos seguintes casos e por uma só vez:

Secções rectangulares cheias, com 20 cm de altura pelo menos (lajes e vigas).

Lajes armadas em cruz e fungiformes.

Vigas em T na região dos momentos negativos.

Pórticos, arcos e abóbadas.

Estes mesmos limites da alínea *b*) serão diminuídos 10 kg/cm² nas lajes com menos de 10 cm de espessura.

O limite dependente da resistência *C* dos cubos de betão, só poderá ser considerado desde que se aplique o preceituado na parte final do artigo 21.º já citado, isto é, que o projecto e os cálculos sejam rigorosamente feitos, que a execução seja confiada a um construtor com especial competência em obras de betão armado e a fiscalização seja dirigida por um engenheiro nas mesmas condições.

Deverá, portanto, a sua aplicação ser apenas limitada a trabalhos de certa importância.

Os ensaios para os cubos de betão devem obedecer ao indicado no § 3.º do artigo 64.º do R. B. A. e suas alíneas ou seja:

«O betão será ensaiado em cubos de 20 cm de aresta, em número não inferior a três para cada ensaio.

*a*) Os moldes para estes cubos deverão ser metálicos, com as faces lisas e desempenadas;

*b*) O enchimento dos moldes com o betão extraído directamente das amassaduras executadas para a obra será feito em duas camadas de cêrca de 12 cm de altura, com o auxílio de um caixilho apropriado.

*c*) O apiloamento de cada camada será feito com os mesmos utensílios e da mesma forma que se executar na obra.

*d*) Depois de terminado o apiloamento dos cubos será retirado o caixilho e alisada a superfície superior do betão com uma colher ou régua de aço e em seguida marcados e numerados (data do fabrico e n.º de ordem).

*e*) Os cubos serão desmoldados 24 ou 48 horas depois de fabricados, segundo a natureza do cimento e temperatura do ambiente, e em seguida conservados cobertos até ao sétimo dia com panos úmidos e protegidos de correntes de ar.

*f*) O ensaio à compressão dos cubos aos 28 dias de fabrico, efectuado em laboratório oficial, dá a resistência determinante do limite *C* a admitir».

Sempre que as dosagens sejam diferentes das normais, o limite de fadiga será sempre fixado em função de *C*.

É evidente, que haverá no entanto tôda a conveniência em se executarem ensaios preliminares, antes do início da obra, com betão fabricado com os materiais existentes no estaleiro, a-fim-de se adquirir a certeza de que os valores de *C* são superiores aos limites fixados, o que é fácil de atingir para um betão normal e bem confeccionado, desde que os materiais tenham uma granulometria apropriada.

---

# 2. — Cálculo das peças submetidas à compressão simples

A rotura duma peça submetida a um esfôrço de compressão, pode-se dar por esmagamento ou por encurvadura.

Quando o comprimento duma peça é inferior a 15 vezes a sua menor dimensão transversal, para os suportes ordinários, e a 13 vezes o diâmetro para os reforçados, não se deverá tomar em consideração a encurvadura. Nos edifícios toma-se como altura dos pilares ou colunas a distância entre os pavimentos (Art. 39.º R. B. A.).

# A) — Cálculo de peças sem encurvadura

## 1) — SUPORTES ORDINÁRIOS

*Notação:* (1)

Designaremos por:

$\Omega$ — secção do betão comprimido;
$\omega'$ — secção das armaduras comprimidas;
P — carga axial;
$n'$ — tensão das armaduras comprimidas;
n — tensão máxima do betão à compressão;
$E_b$ — coeficiente de elasticidade do betão;
$E_a$ — coeficiente de elasticidade do aço;
m — coeficiente de equivalência $= \frac{E_a}{E_b}$

No cálculo das peças comprimidas, admite-se que as tensões se repartem entre as armaduras longitudinais e o betão, proporcionalmente aos seus coeficientes de elasticidade, isto é:

$$\frac{n'}{n} = \frac{E_a}{E_b} \qquad \text{donde } n' = n \cdot \frac{E_a}{E_b}$$

ou $$n' = n \cdot m$$

*Demonstração:*

Submetemos uma peça de altura *h* a uma carga axial P.

A carga P vai-se repartir pelo betão e pelas armaduras longitudinais.

Designemos por $P_b$ a porção de P que é suportada pelo betão e por $P_a$ a que é suportada pelas armaduras longitudinais.

É evidente que: $P_b + P_a = P$.

Sob a acção de $P_b$ o betão sofre um encurtamento *db* que será:

$$db = \frac{P_b \cdot h}{\Omega \cdot E_b}$$

ora $$\frac{P_b}{\Omega} = n \qquad \text{donde: } d_b = \frac{n \cdot h}{E_b}$$

Sob a acção de $P_a$, as armaduras sofrem um encurtamento *da* que será dado pela expressão:

$$da = \frac{P_a \cdot h}{\omega' \cdot E_a}$$

mas $$\frac{P_a}{\omega'} = n' \qquad \text{donde: } da = \frac{n' \cdot h}{E_a}$$

Ora o encurtamento das armaduras deve ser igual ao do betão, em conseqüência da aderência.

Podemos, portanto, escrever:

$$da = db$$

ou seja: $$\frac{n' \cdot h}{E_a} = \frac{n \cdot h}{E_b}$$

ou ainda: $$\frac{n'}{E_a} = \frac{n}{E_b}$$

donde: $$n' = \frac{E_a}{E_b} \cdot n$$

e finalmente:

$$\boxed{n' = m \cdot n} \qquad (1)$$

Ao coeficiente m, como já se disse, chama-se coeficiente de equivalência e admitiremos o seu valor igual a 15 (2).

$$m = \frac{E_a}{E_b} = \frac{2100000 \text{ Kg/cm}^2}{140000 \text{ Kg/cm}^2} = 15 \text{ (art. 20.º R. B. A.)}$$

A carga axial que pode suportar uma peça submetida à compressão simples é dada pela expressão:

$$P = \Omega \cdot n + \omega' \cdot n'$$

mas como $n' = m \cdot n$

(1) A Notação adoptada é a da Edição em francês pelo facto de as figuras serem as já existentes, e nelas aparecerem os mesmos símbolos. (N. T.)

(2) Nas construções estàticamente indeterminadas, para o cálculo das incógnitas, m = 10 por se tomar Eb = 210000 Kg/cm²; (Artigo 19.º R. B. A.). (N. T.)

$$\boxed{P = n\ (\Omega + m\,.\,\omega')} \qquad (2)$$

Ao conjunto dos dois termos $\Omega + m\,\omega'$ chama-se secção ideal ou fictícia.

A expressão (2) permite-nos resolver todos os problemas de compressão simples; basta passar a incógnita para o primeiro membro da equação.

No entanto, deve-se notar que o problema da determinação dos elementos duma secção submetida à compressão simples, admite uma infinidade de soluções.

É sempre possível arbitrar uma secção qualquer para o betão e deduzir a secção correspondente das armaduras, com o auxílio da expressão (2)

$$P = n\,(\Omega + m\,\omega')$$

ou

$$P = n\,\Omega + m\,n\,\omega'$$

donde:

$$\omega' = \frac{P - n\,\Omega}{m\,n}$$

Porém, se se deseja encontrar uma secção económica, há todo o interêsse em fazer trabalhar o betão até ao limite de fadiga e evitar o emprêgo de armadura de compressão, porque em igualdade de resistência o emprêgo de armadura de compressão é mais dispendioso que o do betão. Convém, a-pesar disso, armar ligeiramente os suportes submetidos à compressão simples e não tomar uma percentagem para a armadura $\left(\frac{\omega'}{\Omega}\right)$, inferior a 0,8 % (1), a-fim-de se tomarem em conta certos momentos de flexão não considerados no cálculo e que provêm, por exemplo, da aplicação assimétrica das cargas.

A secção mais económica pode-se deduzir da expressão da compressão simples:

$$P = n\,(\Omega + m\,\omega')$$

fazendo

$$\omega' = \frac{0{,}8}{100}\,\Omega$$

virá:

$$P = n\left(\Omega + m\,.\,\frac{0{,}8}{100}\,\Omega\right)$$

donde:

$$\boxed{\Omega = \frac{P}{n\left(1 + m\,.\,\frac{0{,}8}{100}\right)}} \qquad (3)$$

Se fôr necessário adoptar uma secção superior à que resultaria da aplicação da expressão (3), isto é, no caso de se não fazer trabalhar o betão até ao limite de fadiga, a percentagem da armadura deverá recair sôbre a secção teórica calculada e não sôbre a secção empregada.

* * *

*Observações*

1) — As armaduras longitudinais comprimidas estão expostas a encurvar. Para evitar o desprendimento do betão resultante dessa encurvadura, colocam-se armaduras transversais denominadas cintas, de 5 a 6 m/m de diâmetro e espaçadas de uma distância variando entre 12 vezes o diâmetro das armaduras longitudinais e a menor dimensão transversal da peça (Art. 37.º do R. B. A.).

2) — As colunas ou suportes, deverão ser armadas com um mínimo de 4 ø de 10 m/m. É de aconselhar igualmente não se espaçarem as armaduras longitudinais de mais de 30 cm.

3) — A dimensão transversal mínima dos suportes deverá ser 1/20 da respectiva altura, com um mínimo de 20 cm (Art. 42.º R. B. A.).

---

## 2) — SUPORTES REFORÇADOS (2)

Quando se submete um prisma de betão, a um esfôrço de compressão, constata-se um encurtamento longitudinal acompanhado de um aumento da secção transversal.

---

(1) A secção mínima da armadura longitudinal, segundo o Artigo 38.º do R. B. A., dependerá da relação h/a; sendo h a altura do suporte e *a* a sua menor dimensão transversal.

Para $\frac{h}{a} = 5$ será $\frac{\omega'}{\Omega} = 0{,}5\,\%$ e para $\frac{h}{a} \geqslant 10$, $\frac{\omega'}{\Omega} = 0{,}8\,\%$ obtendo-se os valores intermédios por interpolação. A percentagem máxima será 6 %. (N. T.)

(2) Não se encontra êste assunto tão desenvolvido na edição francesa. O autor e o tradutor julgaram útil fazê-lo, agora, harmonizando-o com o R. B. A. (N. T.)

Colocando nos primas a ensaiar um certo número de cintas, verifica-se que a carga de rotura aumenta consideràvelmente.

Utiliza-se esta propriedade na construção de suportes reforçados, nos quais se dispõem transversalmente um número elevado de cintas, formando geralmente espiras.

Segundo o R. B. A. (Art. 37.º), os suportes reforçados deverão ter um núcleo circular com armadura transversal formada com cintas circulares, ou de uma cinta helicoidal, tais que o intervalo entre o eixo das cintas circulares ou o passo da hélice, não exceda nem 1/5 do diâmetro do núcleo do betão, nem 8 cm.

Nos suportes reforçados (Art. 38.º R. B. A.), a secção fictícia ou ideal a considerar será:

$$\Omega_1 + 15 \cdot (\omega' + 3 \cdot \omega_c)$$

em que:

$\Omega_1$ — área da secção do núcleo de betão limitado pelos eixos dos varões da armadura transversal.

$\omega_c = \frac{\pi \cdot d \cdot f}{c}$ — área da secção de uma armadura longitudinal fictícia correspondente à armadura transversal;

d — diâmetro do núcleo cintado;

f — secção do varão das cintas;

c — distância entre os eixos das cintas.

A carga axial P será:

$$P = n \cdot [\Omega_1 + 15 \cdot (\omega' + 3 \cdot \omega_c)]$$

em que a tensão de compressão n, não poderá ser superior ao limite de fadiga.

A secção $\omega'$ da armadura longitudinal deverá ser igual ou maior que os seguintes valores:

$$0{,}008\ \Omega_1\ ; \quad \frac{1}{3}\ \omega_c$$

e no seu máximo igual a:

$$0{,}08\ \Omega_1$$

A secção ideal considerada nos suportes reforçados, deverá ser igual no máximo, ao dôbro da secção ideal dos suportes ordinários.

Os suportes com cintas quadradas ou rectangulares são calculados como suportes ordinários (Artigo 39.º R. B. A.).

---

(1) V. Saliger, Betão Armado — (N. T.).

*Demonstração:*

Verificou-se por experiências realizadas, (1) que existe uma certa relação entre as deformações longitudinais e transversais de um prisma de betão submetido à compressão.

Assim, chamando *dl* à deformação unitária longitudinal e *dt* à deformação unitária transversal, teremos que:

$$M = \frac{dl}{dt}$$

O valor de M varia entre 4 e 12 e depende da natureza e qualidade do betão.

Adopta-se geralmente $M = 6$ porque corresponde ao betão normal.

A êste coeficiente M chama-se coeficiente de Poisson.

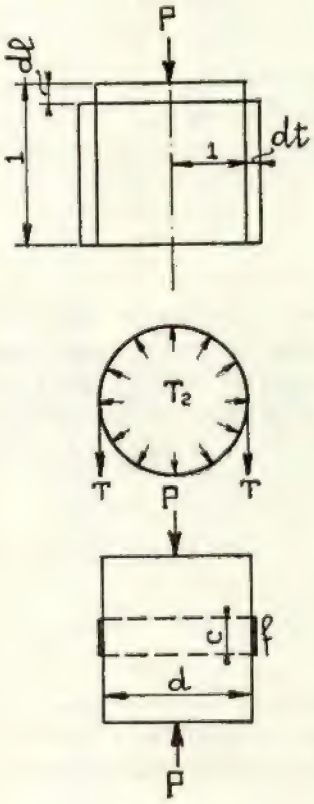



Fig. 1

Consideremos um cilindro de betão (Fig. 1), de diâmetro d, cuja superfície lateral esteja recoberta por uma envolvente, constituída por espiras de varão de aço com o passo c, capaz de opor-se às deformações transversais, quando o cilindro é submetido a uma carga axial P, que lhe produz um encurtamento longitudinal.

Sendo $dl$ o encurtamento longitudinal unitário teremos:

$$dl = \frac{T_1}{E_b}$$

em que $T_1$ é o trabalho unitário do betão. A êste encurtamento longitudinal corresponde uma deformação transversal $dt$:

$$d_t = \frac{dl}{M}$$

mas:

$$d_t = \frac{T_2}{E_b} \qquad \text{e será:} \quad \frac{T_2}{E_b} = \frac{T_1}{M \cdot E_b}$$

donde:

$$T_2 = \frac{T_1}{M}$$

$T_2$ actua como a pressão de um líquido dentro de um tubo (Fig. 1).

Aplicando a fórmula da pressão interior num cilindro teremos:

$$2\,T = d \cdot c \cdot T_2$$

isto é: a tracção exercida nas paredes é igual à pressão interior vezes o raio, considerando o cilindro com a altura c. Sendo f a secção das espiras e t o limite de fadiga do aço:

como $t = n'$ $\quad T = f \cdot n'$ (ver fórmula da tracção)

donde:

$$2\,T = 2\,f \cdot n'$$

mas

$$2\,T = d \cdot c \cdot T_2 \text{ e como } T_2 = \frac{T_1}{M}$$

teremos que o trabalho unitário $T_1$ que as espiras que constituem a envolvente podem suportar, será dado pela expressão:

$$T_1 = \frac{2\,M \cdot f \cdot n'}{d \cdot c}$$

A-fim-de simplificar esta expressão, multipliquemos os 2 termos da fracção por $\pi \cdot d$:

$$T_1 = \frac{2\,M \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot n'}{\pi \cdot d \cdot d \cdot c}$$

Multiplicando e dividindo por 4 o denominador virá:

$$T_1 = \frac{2\,M \cdot f \cdot \pi \cdot d \cdot n'}{\dfrac{4\,\pi \cdot d^2 \cdot c}{4}}$$

Designando por:

$$\Omega_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot d \cdot f}{c}$$

teremos finalmente:

$$T_1 = \frac{M}{2} \cdot \frac{\omega_c \cdot n'}{\Omega_1}$$

A compressão axial P a que a peça está submetida será então suportada pela envolvente e pelo núcleo de betão com a sua armadura longitudinal.

Chamemos $P_e$ à porção de P suportada pelas espiras e $P_b$ à porção suportada pelo betão e armaduras longitudinais

Teremos:

$$P_e = \Omega_1 \cdot T_1 = \frac{M}{2}\,\omega_c \cdot n'$$

$$P_b = \Omega_1 \cdot n + \omega' \cdot n'$$

A carga axial P será:

$$P = \Omega_1 \cdot n + \omega' \cdot n' + \frac{M}{2}\,\omega_c \cdot n'$$

ou:

$$P = n \cdot \left(\Omega_1 + \omega' \cdot \frac{n'}{n} + \frac{M}{2}\,\omega_c \cdot \frac{n'}{n}\right)$$

como porém:

$$\frac{n'}{n} = 15$$

será:

$$P = n \cdot \left[\Omega_1 + 15\left(\omega' + \frac{M}{2} \cdot \omega_c\right)\right]$$

Tomando $M = 6$ como já se disse:

$$\boxed{P = n \cdot \left[\Omega_1 + 15\,(\omega' + 3 \cdot \omega_c)\right]} \qquad (4)$$

## PROBLEMA 1

Pode-se para verificar a fadiga do betão e das armaduras dum pilar suportando uma carga axial de 80.000 kg.

O pilar tem uma secção quadrada de 40 cm de lado e uma altura de 5 m. É armado à compressão com 8 varões de 20 m/m de diâmetro.

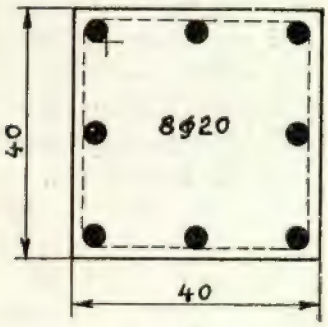



Fig. 2

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{h}{a} = \frac{500}{40} = 12{,}50 < 15$$

Secção do betão: $\Omega = 40 \times 40 = 1600$ cm².

Secção das armaduras: $\omega' = 8 \times 3{,}14 = 25{,}12$ cm².

Secção ideal a considerar:

$$\Omega + m \,.\, \omega' = 1600 + 15 \times 25{,}2 = 1976{,}80 \text{ cm}^2$$

Fadiga do betão:

$$n = \frac{P}{\Omega + m \,.\, \omega'} = \frac{80.000}{1976{,}80} = 40{,}5 \text{ kg/cm}^2$$

Fadiga das armaduras:

$$n' = m \,.\, n = 15 \times 40{,}5 = 607{,}5 \text{ kg/cm}^2$$

---

## PROBLEMA 2

Um pilar quadrado de 30 cm de lado e 3 metros de altura suporta uma carga de 48.000 kg. Pede-se para determinar a secção das armaduras de modo que a fadiga do betão não exceda 40 kg/cm².

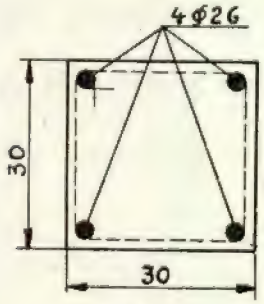



Fig. 3

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{300}{30} = 10 < 15$$

Secção de betão: $\Omega = 30 \times 30 = 900$ cm².

A secção das armaduras é dada pela fórmula (2):

$$\omega' = \frac{P - n \,.\, \Omega}{15 \,.\, n} = \frac{48.000 - 40 \times 900}{15 \times 40} = 20 \text{ cm}^2$$

Empregaremos 4 varões de 26 m/m de diâmetro com uma secção total de 21,24 cm².

---

## PROBLEMA 3

Um pilar quadrado de 35 cm de lado e de 4,00 m de altura suporta uma carga axial de 15.000 kg. Pede-se para determinar a secção das armaduras de tal modo, que o limite de fadiga do betão não exceda 40 kg/cm².

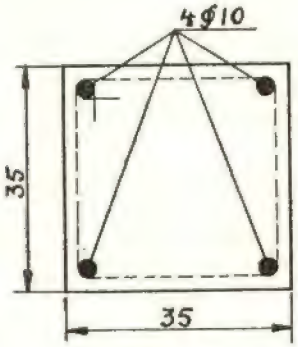



Fig. 4

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{400}{35} = 11{,}4 < 15$$

Secção do betão: $\Omega = 35 \times 35 = 1225 \text{ cm}^2$

A secção das armaduras é dada pela fórmula (2).

$$\omega' = \frac{P - n \,.\, \Omega}{15 \,.\, n} = \frac{15.000 - 40 \times 1225}{15 \times 40} =$$

$$= \frac{15.000 - 49.000}{600} = -\frac{34.000}{600}$$

O sinal negativo significa que a secção de betão é por si só, suficiente. No entanto, devem-se prever armaduras de secção igual ao mínimo regulamentar (Artigo 38.º R. B. A.), isto é: 0,8 %. Calcularemos, portanto, uma secção fictícia de betão trabalhando no limite de fadiga.

$$\Omega = \frac{15.000}{40} = 375 \text{ cm}^2$$

$$\omega' = \frac{0{,}8}{100}\,\Omega = \frac{0{,}8}{100} \times 375 = 3{,}00 \text{ cm}^2$$

Empregaremos 4 varões de 10 m/m totalizando uma secção de 3,14 cm².

---

## PROBLEMA 4

Um pilar de 4 m de altura suporta uma carga axial de 39.200 kg. O limite de fadiga admitido será 40 kg/cm². Pede-se para determinar a secção do pilar e as armaduras.

Vimos que a secção mais económica de betão era dada pela expressão (3):

$$\Omega = \frac{P}{n\left(1 + 15 \times \frac{0{,}8}{100}\right)} = \frac{39200}{40\left(1 + 15 \times \frac{0{,}8}{100}\right)} =$$

$$= 875 \text{ cm}^2 \,.$$

Esta secção pode ser realizada adoptando para o pilar a secção de 30 × 30 (900 cm²).

A secção das armaduras será:

$$\omega' = \frac{0{,}8}{100} \times 875 = 7 \text{ cm}^2 \,.$$

Empregaremos 4 varões de 15 m/m totalizando uma secção de 7,07 cm².

A relação entre a altura e a menor dimensão do pilar será:

$$\frac{400}{30} = 13{,}3 < 15$$

---

## PROBLEMA 5

Determinar as armaduras de um pilar octogonal com 2,50 m de altura submetido a uma carga axial de 100.000 kg.

O pilar não deverá exceder a dimensão transversal a = 50 cm e o limite de fadiga do betão será de 35 kg/cm².

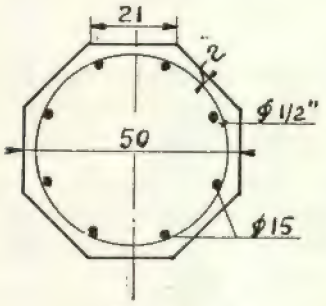



Fig. 5

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{h}{a} = \frac{2,50}{0,50} = 5$$

$$\frac{\omega'}{\Omega} = 0,5\ \%\ \text{(Art. 38.º R. B. A.)}$$

De harmonia com a expressão (3).

$$\Omega = \frac{P}{n\,(1 + 15 \times 0,005)} = \frac{100.000}{35(1 + 15 \times 0,005)}$$

$$= 2670\ \text{cm}^2$$

a que corresponde o diâmetro:

$$d = 2\sqrt{\frac{2670}{3,14}} = 60\ \text{cm}$$

dimensão esta, maior do que a indicada.

Teremos que recorrer a um suporte reforçado.

$$d = 50 - 2 \times 2$$

considerando para as armaduras transversais um recobrimento de betão de espessura igual a 2 cm

$$d = 46\ \text{cm}$$

$$\Omega_1 = \frac{\pi\, d^2}{4} = 1661\ \text{cm}^2.$$

Da expressão (4):

$$P = n\,[\Omega_1 + 15\,(\omega' + 3\,\omega_c)]$$

tiraremos:

$$\omega_c = \frac{P - n\,\Omega_1 - 15\,\omega'\,n}{45\,n}$$

e tomando para $\omega'$ o valor de 0,008 de $\Omega_1$ (Art. 38.º R. B. A.), será:

$$\omega' = 0,008 \times 1661 = 13,1\ \text{cm}^2.$$

Empregaremos 8 varões de 15 m/m de secção total 14,1 cm² e teremos:

$$\omega_c = \frac{100.000 - 35 \times 1661 - 15 \times 14,1 \times 35}{45 \times 35}$$

$$= 21,8\ \text{cm}^2.$$

Adoptando para o passo da hélice:

8 cm (Art. 37.º R. B. A.)

$$\omega_c = \frac{\pi \,.\, d \,.\, f}{c} = \frac{3,14 \times 46 \times f}{8} = 21,8$$

donde:

$$f = \frac{21,8 \times 8}{3,14 \times 46} = 1,20\ \text{cm}^2.$$

Adoptaremos um varão de $^1/_2''$ com a secção 1,26 cm² formando uma hélice com o passo de 8 cm.

A secção ideal considerada será então:

$$\left[\ \Omega_1 + 15\,(\omega' + 3\,\omega_c)\ \right] = 1661 + 15 \times (14,1 + 3 \times 21,8) = 2853\ \text{cm}^2.$$

A secção ideal do pilar não reforçado seria:

$$\Omega + 15 \,.\, \omega' = 4 \times 21 \times 25 + 15 \times 0,005 \times 2100$$

$$= 2100 + 157 = 2257\ \text{cm}^2.$$

Temos que:

$$2853 \leqslant 2 \times 2257\ \text{(Art. 38.º R. B. A.)}$$

Verificação:

$$n = \frac{100000}{2853} = 35\ \text{kg/cm}^2.$$

Trabalho aparente da secção:

$$T = \frac{100000}{2100} = 48\ \text{kg/cm}^2.$$

## B) — Cálculo das peças com encurvadura

*a*) O cálculo de carga axial que pode suportar uma coluna ou pilar, cuja relação entre a altura e a sua menor dimensão transversal é superior a 15 nos suportes ordinários e a 13 vezes o diâmetro d nos suportes reforçados, pode ser feito pela fórmula de Euler:

$$P = \frac{\pi^2 E\, I}{4\, K\, L^2} \qquad (5)$$

onde:

E — coeficiente de elasticidade do betão;
L — altura do suporte;
K — coeficiente que depende da natureza dos encastramentos e cujos valores são os indicados no quadro seguinte:

| Natureza dos apoios | K |
|---|---|
| Uma coluna encastrada numa extremidade e livre na outra ... ... ... ... ... | 4 |
| Uma coluna articulada nas duas extremidades ... ... ... ... ... ... ... ... ... | 1 |
| Uma coluna encastrada nas duas extremidades: | |
| 2 encastramentos perfeitos ... ... | 1/4 |
| 2 semi-encastramentos... ... ... ... | 1 a 1/4 |
| Um encastramento perfeito numa extremidade tendo a outra um semi-encastramento ... ... ... ... ... ... ... | 1/2 a 1/4 |

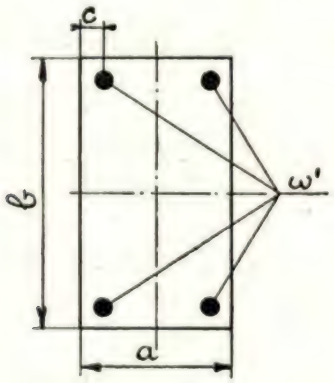


Fig. 6

O factor 4 que figura no denominador da fórmula de Euler, representa o coeficiente de segurança contra a encurvadura.

I representa o momento de inércia mínimo da secção ideal ou fictícia.

No caso particular duma secção rectangular armada simètricamente (fig. 6), o momento de inércia mínimo tem o seguinte valor:

$$I = \frac{b\, a^3}{12} + m\, \omega' \cdot \left(\frac{a}{2} - c\right)^2$$

Se a secção rectangular não é armada simètricamente, torna-se necessário começar por determinar a posição do centro de gravidade da secção ideal considerada.

Para isso, basta considerar que o momento estático da secção fictícia em relação ao centro de gravidade, é nulo.

Vamos, a título de exemplo, determinar o centro de gravidade G da secção representada na fig. 7.

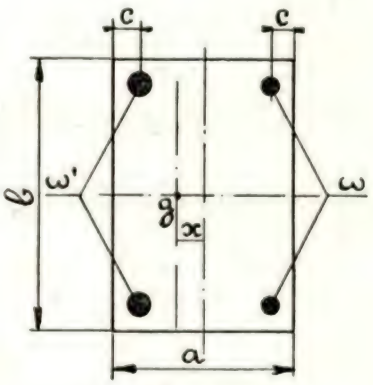


Fig. 7

O momento estático da secção total fictícia em relação ao ponto G, obtém-se como se sabe adicionando o momento estático da secção de betão ao momento estático da secção das armaduras ω e subtraindo ao total o momento estático das armaduras ω':

$$0 = \Omega x + m\,\omega \left(\frac{a}{2} + x - c\right) - m\,\omega' \left(\frac{a}{2} - x - c\right)$$

ou seja:

$$x\,(\Omega + m\,\omega + m\,\omega') + \frac{a}{2}\,(m\,\omega - m\,\omega') -$$

$$- c\,(m\,\omega - m\,\omega') = 0$$

donde:

$$x = \frac{\left(c - \frac{a}{2}\right)(m\,\omega - m\,\omega')}{\Omega + m\,\omega + m\,\omega'}$$

O momento de inércia mínimo terá o valor seguinte:

$$I = \frac{b\,.\,a^3}{12} + b\,a\,x^2 + m\,\omega\left(\frac{a}{2} + x - c\right)^2 + m\,\omega'\left(\frac{a}{2} - x - c\right)^2$$

*Observações*

Sucede por vezes, que a resistência dum suporte calculado pela forma de Euler é superior aquela que se obtém aplicando a fórmula de compressão simples. Torna-se então necessário verificar qual é a fórmula que dá a menor resistência e considerar esta como a resistência do suporte calculado.

*b*) O cálculo do trabalho à compressão do betão, pode estabelecer-se por meio da fórmula de Rankine:

$$n = \frac{P}{\Omega + m.\omega'} \cdot \left[1 + 0{,}0001.K \times L^2 \left(\frac{\Omega + m.\omega'}{I}\right)\right] \quad (6)$$

em que os símbolos são os mesmos que os definidos na fórmula de Euler.

*c*) O problema da determinação da secção das armaduras dum suporte cujas dimensões são impostas, pode-se resolver pela fórmula de Euler.

Basta tirar desta fórmula o valor do momento de inércia mínimo I.

$$I = \frac{4\,P\,K\,L^2}{\pi^2\,E}$$

Mas: $I = I_b + I_a$

em que $I_b$ é o momento de inércia mínimo do betão e $I_a$ o momento de inércia das armaduras.

Donde:

$$I_a = I - I_b$$

No caso particular duma secção rectangular armada simètricamente (fig. 6), será:

$$I_b = \frac{b\,.\,a^3}{12} \quad \text{e} \quad I_a = m\,\omega'\left(\frac{a}{2} - c\right)^2$$

Substituindo estes valores, teremos:

$$m\,\omega'\left(\frac{a}{2} - c\right)^2 = \frac{4\,P\,K\,L^2}{\pi^2\,E} - \frac{b\,a^3}{12}$$

donde:

$$\omega' = \frac{4\,P\,K\,L^2}{\pi^2\,E\,m\left(\frac{a}{2} - c\right)^2} - \frac{b\,a^3}{12\,m\left(\frac{a}{2} - c\right)^2}$$

Podendo a fórmula de Euler não ser exacta, torna-se necessário calcular igualmente a secção das armaduras a partir da fórmula da compressão simples e adoptar o maior valor $\omega'$ obtido.

*d*) O Art. 39.º do R. B. A. depois de indicar que a resistência à encurvadura poderá ser verificada por fórmulas especiais da Resistência de Materiais, como a de Rankine e outras, prevê que se apliquem as fórmulas da compressão para os suportes ordinários e para os suportes reforçados, reduzindo-se o limite de fadiga do betão à compressão, pela sua divisão por um coeficiente a que chamaremos $K_1$.

O coeficiente $K_1$, que depende da relação entre a altura e a menor dimensão transversal nos suportes rectangulares ou do diâmetro d nos suportes reforçados, é dado pela seguinte tabela:

| $\frac{h}{a}$ ou $\frac{h}{d}$ | Coeficiente de redução $K_1$ |
|---|---|
| a) — *Suportes ordinários:* | |
| 15 | 1.00 |
| 20 | 1.25 |
| 25 | 1.75 |
| 30 | 2.45 |
| 35 | 3.40 |
| 40 | 4.40 |
| b) — *Suportes reforçados:* | |
| 15 | 1.00 |
| 20 | 1.70 |
| 25 | 2.70 |

Os valores intermédios serão obtidos por interpolação linear.

## PROBLEMA 6

Pede-se para calcular a resistência de um pilar de 35 cm de lado, e de 8 m de altura, armado com 4 varões de 20 m/m de diâmetro. O limite de fadiga do betão será de 50 kg/cm², supondo-se o pilar articulado nas duas extremidades.

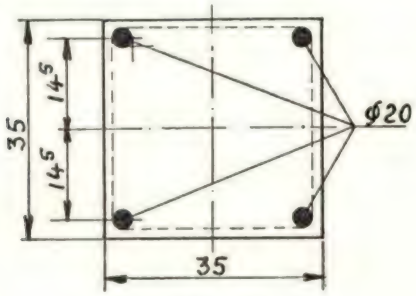



Fig. 8

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{800}{35} = 23 > 15$$

Secção das armaduras:

$$\omega' = 4 \times 3{,}14 = 12{,}56 \text{ cm}^2$$

$$I = I_b + I_a$$

$$I = \frac{35^4}{12} + 15 \times 12{,}56 \times \overline{14{,}5}^2$$

$$= 125.050 + 39{,}642 = 164.692 \text{ cm}^4$$

$$K = 1 \qquad E_b = 140.000 \text{ kg/cm}^2.$$

Carga máxima admissível:

$$P = \frac{\pi^2 . E . I}{4 . K . L^2} = \frac{\overline{3{,}1416}^2 \times 140.000 \times 164692}{4 \times \overline{800}^2}$$

$$= 89.000 \text{ kg.}$$

A fórmula de compressão simples daria:

$$P = n\,(\Omega + m\,\omega')$$

$$= 50\,(\overline{35}^2 + 15 \times 12{,}56) = 70.680 \text{ kg.}$$

A carga a admitir para o pilar seria portanto:

$$P = 70.680 \text{ kg } (^1).$$

## PROBLEMA 7

Pede-se para verificar a fadiga à compressão de um pilar de 30 cm de lado e de 8 m de altura, armado com 4 varões de 18 m/m de diâmetro e solicitado por uma carga axial de 30.000 kg.

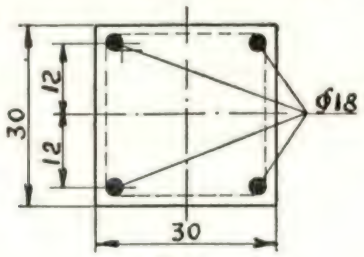



Fig. 9

Relação entre a altura e a menor dimensão transversal:

$$\frac{800}{30} = 26{,}6 > 15$$

Secção do betão: $\Omega = \overline{30}^2 = 900$ cm².

Secção das armaduras:

$$\omega' = 4 \times 2{,}64 = 10{,}16 \text{ cm}^2.$$

Momento de inércia mínimo:

$$I = I_b + I_a = \frac{\overline{30}^4}{12} + 15 \times 10{,}16 \times \overline{12}^2$$

$$= 67.500 + 21.945 = 89.445 \text{ cm}^4.$$

Fadiga à compressão simples:

$$n = \frac{P}{\Omega + m\,.\,\omega'} = \frac{30.000}{900 + 15 \times 10{,}16} = 28 \text{ kg/cm}^2$$

A fadiga à compressão com encurvadura é dada pela fórmula de Rankine, e será

$$n = \frac{P}{\Omega + m\,\omega'} \times \left[1 + 0{,}0001\,K\,L^2 \left(\frac{\Omega + m\,\omega'}{I}\right)\right]$$

$$= 28\left[1 + 0{,}0001 \times \overline{800}^2 \left(\frac{900 + 15 \times 10{,}16}{89.445}\right)\right] =$$

$$= 49 \text{ kg/cm}^2$$

teríamos portanto que refazer o cálculo a-fim-de não ultrapassar o limite de fadiga do betão (²).

(¹) — Utilizando o coeficiente de redução indicado pelo R. B. A. teriamos:

$$\frac{h}{a} = 23 \qquad K_1 = 1.43 \text{ (por interpolação)}$$

$$P = \frac{50}{1.43}\left(\overline{35}^2 + 15 \times 12{,}56\right) = 49.430. \text{ kg. (N. T.)}$$

(²) Segundo o que admite o R. B. A., P teria que ser multiplicado por $K_1$; $\frac{h}{a} = 26{,}6\ K_1 = 1{,}86$ (por interpolação)

$$n = \frac{1{,}86 \times P}{\Omega + m\,\omega_l} = \frac{1{,}86 \times 30.000}{900 + 15 \times 10{,}16} = 53 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{(N. T)}$$

# 3. — Cálculo das peças submetidas à tracção simples

No cálculo das peças submetidas à tracção simples, não se considera a resistência do betão à tracção e supõe-se que a totalidade dos esforços é absorvida pelas armaduras. Esta hipótese desfavorável é tomada como medida de precaução.

Notação:

Designaremos por:

$\omega$ a secção das armaduras de tracção

t o limite de fadiga admitido para as armaduras.

A secção das armaduras de tracção será dada pela expressão da tracção simples:

$$\boxed{\omega = \frac{P}{t}} \qquad (7)$$

No cálculo de reservatórios cilíndricos e de tubos de betão armado, entra um elemento indeterminado que é a espessura das paredes. Esta espessura é determinada em função da estanquidade e facilidade de manipulação.

Será prudente não atribuir valor inferior a 100 para a relação entre a secção de betão e a das armaduras de tracção.

## Junções dos varões tensos

Nos reservatórios cilíndricos e nos tubos de betão armado a ligação entre as extremidades dos varões submetidos à tracção, pode fazer-se por sobreposição ou por soldadura autogénea (1).

No primeiro caso é o betão que pela sua aderência às armaduras serve de agente de transmissão de esforços.

Igualmente por vezes, se torna necessária a execução de junções dos varões por o seu comprimento ser diminuto.

As junções dos varões por sobreposição podem executar-se com ou sem ganchos.

No caso de se empregarem os ganchos, estes deverão ser constituídos por uma parte semi-circular, com um diâmetro médio igual a cinco vezes o diâmetro do varão (fig. 10), esta parte será terminada por um elemento

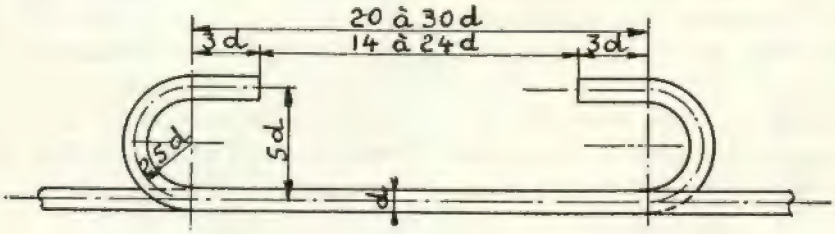



Fig. 10

(1) No artigo 59.º R. B. A. faz-se referência às diferentes maneiras de efectuar as junções:

*a*) Para junção dos varões será permitido o emprêgo de uniões roscadas interiormente feitas com bom aço e com rôscas perfeitas filetadas em dois sentidos, num comprimento igual a 5 vezes o diâmetro dos varões e com espessura não inferior a 1/4 dêstes, cujos extremos ficarão a topejar o meio da união.

*b*) Só excepcionalmente poderá permitir-se a junção dos varões tensos com soldadura autogénea ou eléctrica, devendo-se neste caso, fazer prèviamente provas da sua resistência e considerar-se como secção resistente, sòmente 60 % da secção primitiva.

recto e paralelo ao varão, de comprimento igual a três vezes o diâmetro dêste, pelo menos.

No cálculo de junções por sobreposição com ganchos [1], toma-se em consideração não só a parte rectilínea dos varões mas também o comprimento dos ganchos depois de desenvolvido. Em virtude das prescrições belgas, pode-se admitir que nas juntas por sobreposição com ganchos, o limite de fadiga para a aderência seja igual a um quinto do limite de fadiga admitido para a compressão, sem ultrapassar o limite de 12 kg/cm². No caso das junções por sobreposição não serem munidas de ganchos pode-se admitir um limite de fadiga igual a um décimo do limite de fadiga admitido para a compressão, sem ultrapassar o limite de 6 kg/cm².

O comprimento da parte rectilínea nas juntas por sobreposição com ganchos, deverá ser igual em qualquer hipótese a n d.

Sendo: n igual a 20 para diâmetros iguais a 20 m/m e menores;

n igual a 30 para um diâmetro de 35 m/m e variando linearmente entre os dois limites apontados.

Quando o limite de fadiga nos varões não ultrapasse 1.200 kg/cm² e o limite de fadiga à compressão para o betão não exceda 50 kg/cm², os recobrimentos indicados são sempre suficientes e não se torna necessário fazer qualquer verificação.

Vamos, a título de exemplo, verificar a tensão de aderência duma junção com ganchos representada na fig. 11 e cujo recobrimento nos elementos rectilíneos é igual a 20 d, (mínimo imposto pelas prescrições belgas).

O limite de fadiga dos varões no sítio da junção atinge 1.200 kg/cm² e o limite de fadiga do betão é de 50 kg/cm².

Comprimento de aderência:

| | |
|---|---|
| 1/2 circunferência..... | 15,71 |
| 20 d ..... | 40,00 |
| 3 d ..... | 6,00 |
| Total..... | 61,71 cm. |

Perímetro do varão:

$$D = 3{,}1416 \times 2 = 6{,}283 \text{ cm.}$$

Superfície total de aderência:

$$6{,}283 \times 61{,}71 = 387{,}54 \text{ cm}^2.$$

Limite de fadiga para a aderência:

$$\frac{n}{5} = \frac{50}{5} = 10 \text{ kg/cm}^2.$$

A junção poderá transmitir um esfôrço de tracção de:

$$387{,}54 \times 10 = 3875 \text{ kg.}$$

Ora o esfôrço de tracção atinge na realidade:

$$\frac{\pi D^2}{4} \times 12 = 314{,}16 \times 12 = 3770 \text{ kg}$$

portanto menor do que 3875 kg.

A sobreposição de $20 \times d$ prevista ao longo da parte rectilínea da junção é suficiente para transmitir os esforços actuantes.

Se tivessemos adoptado uma junção por recobrimento sem ganchos, seria necessário uma sobreposição de $60 \times d$.

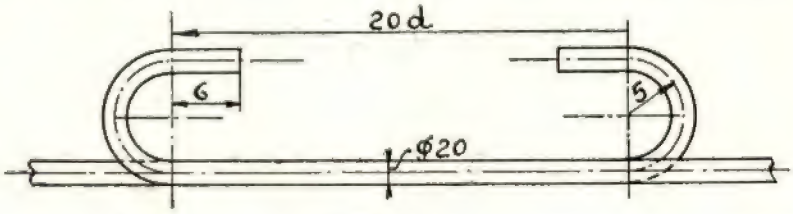



Fig. 11

Com efeito:

$$\frac{3770}{5} = 754 \text{ cm}^2.$$

Comprimento de sobreposição:

$$\frac{754}{\pi D} = 120 \text{ cm} \quad \text{ou seja } 60 \times d.$$

[1] No artigo 59.º R. B. A. indica-se que as junções por sobreposição dos varões deverão ser evitadas, mas que em casos de necessidade a sobreposição será feita num comprimento determinado pela aderência e pelo esfôrço de tracção no sítio da junta, a qual será, pelo menos, 30 vezes o diâmetro dos varões sobrepostos, com um mínimo de 30 cm, ficando as extremidades dos varões sempre dobradas em gancho. (N. T.)

## PROBLEMA 8

Pede-se para calcular os elementos da parede de um reservatório cilíndrico, para água, de diâmetro interior igual a 10 m e com 2 m de altura. O limite de fadiga admitido para as armaduras é de 10 kg/mm².

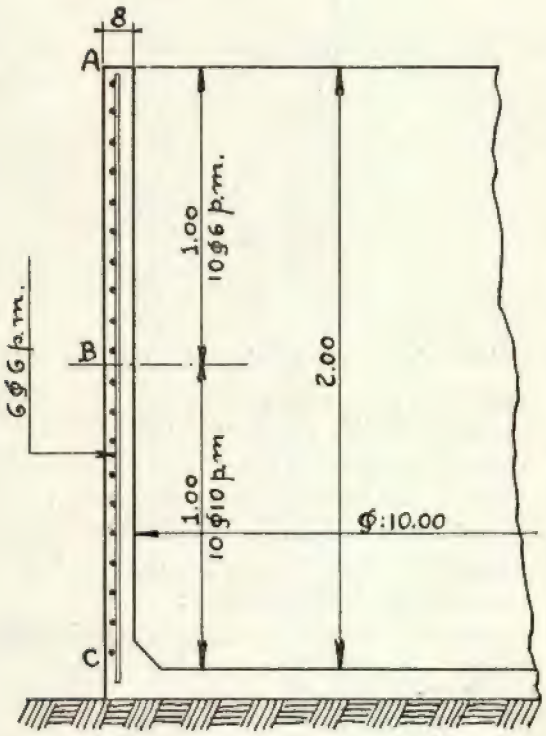



Fig. 12

Vamos dividir a parede num certo número de partes iguais, duas por exemplo AB e BC.

A pressão média da água sôbre a parede BC tem o valor:

$$\frac{0{,}20 + 0{,}10}{2} = 0{,}15 \text{ kg/cm}^2.$$

O esfôrço de tracção na parede, segundo a geratriz BC, obtém-se multiplicando a secção diametral do cilindro BC pela pressão média e dividindo por 2:

$$T_{BC} = \frac{1000 \times 100 \times 0{,}15}{2} = 7500 \text{ kg.}$$

Secção das armaduras circulares de B a C:

$$\omega = \frac{T_{BC}}{t}$$

$$= \frac{7500}{10} = 750 \text{ m/m}^2.$$

Empregaremos 10 varões de 10 m/m de diâmetro, totalizando uma seção de 785 m/m².

Quanto à espessura da parede, deverá ser tal que:

$$\frac{\text{Secção do Betão}}{\text{Secção das Armaduras}} = 100$$

ou:

$$\frac{e \times BC}{7{,}85} = 100$$

donde:

$$e = \frac{100 \times 7{,}85}{100} = 7{,}85 \text{ cm.}$$

Tomaremos para espessura da parede 8 cm.

Devem colocar-se varões no sentido vertical, constituindo uma armadura de distribuïção.

Empregaremos 6 varões de 6 m/m de diâmetro por metro linear, com uma secção total de 170 m/m².

Resta-nos calcular a secção das armaduras de A a B.

O esfôrço de tracção na parede segundo a geratriz A B é:

$$T_{AB} = \frac{1000 \times 100 \times 0{,}05}{2} = 2500 \text{ Kg.}$$

Secção das armaduras circulares de A a B.

$$\omega = \frac{2500}{10} = 250 \text{ m/m}^2.$$

Empregaremos 10 barras de 6 m/m de diâmetro totalizando uma secção de 282 m/m².

# 4.—Cálculo de lajes e vigas de secção rectangular submetidas à flexão simples

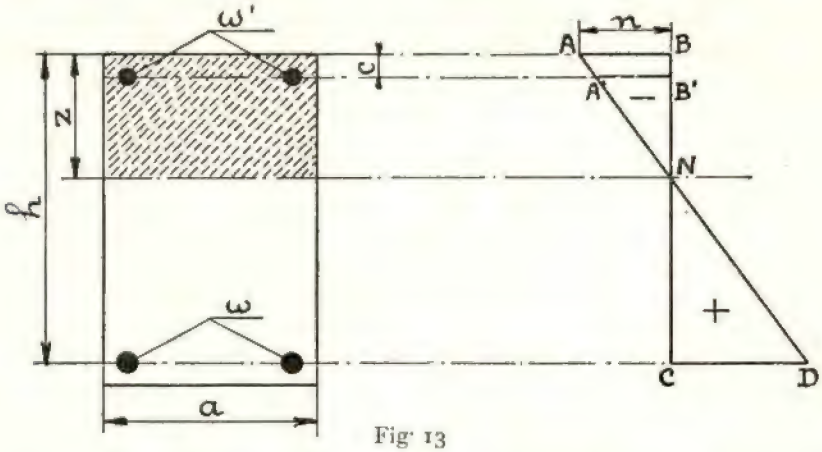



Fig. 13

*Notações* (fig. 13)

Designaremos por:

ω — secção das armaduras comprimidas;
ω' — secção das armaduras tendidas;
h — altura teórica da viga, isto é a distância entre o eixo das armaduras tendidas e a aresta comprimida mais distante;
Z — distância entre o eixo neutro ou fibra neutra e a mesma aresta;
a — largura da laje ou da viga; (1)
n — tensão máxima do betão à compressão;
n' — tensão das armaduras comprimidas;
t — tensão das armaduras tendidas;
$I_n$ — momento de inércia da secção fictícia total em relação à fibra neutra;
M — momento flector da secção considerada.

## A) Verificação das fadigas

No caso de uma viga de secção homogénea, a fadiga devida à flexão, é dada pela fórmula de flexão simples:

$$t = \pm \frac{M V}{I}$$

na qual:

M representa o momento flector da secção.
I representa o momento de inércia da secção em relação ao eixo principal passando pelo centro de gravidade.
V representa a distância dum ponto qualquer da secção ao eixo principal.

No caso de uma viga de secção heterogénea, de betão armado por exemplo, a expressão acima indicada é ainda aplicável, mas é preciso tomar em consideração o coeficiente de equivalência das armaduras e relacionar todos os elementos, com o eixo principal passando pelo centro de gravidade da secção fictícia total.

A aplicação da fórmula da flexão simples supõe o conhecimento do centro de gravidade da secção total fictícia. Será por conseqüência necessário determinar a posição dêste centro de gravidade.

Designaremos por *fibra neutra ou eixo neutro* o eixo principal que passa pelo centro de gravidade da secção fictícia total.

Na determinação da posicão da fibra neutra, como na determinação das fadigas, não tomaremos em consideração a resistência à tracção do betão.

*Determinação da posição da fibra neutra:*
A fibra neutra deverá passar pelo centro de

(1) No caso da laje, considera-se uma faixa de 1m,00 de largura, não tomando em consideração a sua aderência às faixas vizinhas. (N. A.)

gravidade da secção fictícia total e portanto, o momento estático desta secção em relação à fibra neutra deverá ser nulo.

Êste momento estático será igual ao momento estático da parte do betão comprimido, mais o momento estático das armaduras comprimidas menos o momento estático das armaduras tendidas.

$$\frac{a Z^2}{2} + m \omega' (Z - c) - m \omega (h - Z) = O$$

Dividindo os dois membros desta equação por $\frac{a h^2}{2}$:

$$\frac{Z^2}{h^2} + \frac{2 m \omega' Z}{a h^2} - \frac{2 m \omega' c}{a h^2} - \frac{2 m \omega}{a h} + \frac{2 m \omega Z}{a h^2} = O$$

ou:

$$\frac{Z^2}{h^2} + \frac{Z}{h}\left(\frac{2 m \omega' + 2 m \omega}{a h}\right) - \frac{2 m \omega' c}{a h^2} - \frac{2 m \omega}{a h} = O$$

temos portanto uma equação do 2.º grau cuja incógnita é $\frac{Z}{h}$, e admite como raiz:

$$\frac{Z}{h} = -\frac{m \omega' + m \omega}{a h} + \sqrt{\left(\frac{m \omega' + m \omega}{a h}\right)^2 + 2\left(\frac{m \omega}{a h} + \frac{m c \omega'}{a h^2}\right)} \quad (8)$$

No caso particular de uma viga armada simplesmente à tracção, esta expressão reduz-se a:

$$\frac{Z}{h} = -\frac{m \omega}{a h} + \sqrt{\left(\frac{m \omega}{a h}\right)^2 + \frac{2 m \omega}{a h}} \quad (9)$$

## Fadiga do betão

Conhecendo a posição da fibra neutra, basta para obter a fadiga do betão aplicar a fórmula da flexão simples:

$$n = \frac{M Z}{I_n} = \frac{M Z}{\frac{a Z^3}{3} + m \omega' (Z - c)^2 + m \omega (h - Z)^2} \quad (10)$$

No caso particular da viga ou laje armadas simplesmente à tracção, pode-se obter uma expressão simplificada para a fadiga do betão, tendo em atenção que o momento das fôrças exteriores, isto é o momento flector M, é igual ao momento das fôrças interiores, tomando como centro de momentos o eixo das armaduras de tracção.

O momento das fôrças interiores obtém-se multiplicando a resultante das tensões de compressão do betão $\left(a Z \frac{n}{2}\right)$ pela sua distância $\left(h - \frac{Z}{3}\right)$ ao centro das armaduras de tracção.

Pode-se portanto escrever:

$$M = a Z \frac{n}{2} \left(h - \frac{Z}{3}\right)$$

ou:

$$\boxed{n = \frac{2 M}{a Z \left(h - \frac{Z}{3}\right)}} \quad (11)$$

## Fadiga das armaduras comprimidas

A fadiga do betão à compressão na secção passando pelo eixo das armaduras comprimidas é representada no diagrama da fig. 13 pelo segmento A' B'.

Como os triângulos A B N e A' B' N' são semelhantes podemos escrever:

$$\frac{A' B'}{A B} = \frac{N B'}{N B}$$

ou:

$$\frac{A' B'}{n} = \frac{Z - c}{Z}$$

donde:

$$A' B' = n \frac{Z - c}{Z}$$

Para obter a fadiga das armaduras comprimidas basta multiplicar o valor de A' B' pelo coeficiente de equivalência:

$$\boxed{n' = m n \frac{Z - c}{Z}} \quad (12)$$

## Fadiga das armaduras tendidas

Os triângulos A B N e D C N são semelhantes, podemos portanto escrever:

$$\frac{C D}{A B} = \frac{C N}{B N}$$

ou seja:

$$\frac{C D}{n} = \frac{h - Z}{Z}$$

donde:

$$C d = n \frac{h - Z}{Z}$$

Para obter a fadiga das armaduras tendidas, basta multiplicar o valor de C D pelo coeficiente de equivalência:

$$\boxed{t = m \,.\, n \frac{h - Z}{Z}} \qquad (13)$$

No caso particular de uma viga ou laje armadas simplesmente à tracção, pode-se obter uma expressão mais simples para a fadiga das armaduras de tracção, tendo em conta que o momento das fôrças exteriores, isto é o momento flector M é igual ao momento das fôrças interiores, tomando para centro de momentos o ponto de aplicação da resultante das tensões de compressão do betão.

O momento das fôrças interiores obtém-se multiplicando a resultante das tensões das armaduras de tracção $\omega t$, pela sua distância $(h - \frac{Z}{3})$ ao ponto de aplicação da resultante das tensões de compressão do betão.

Podemos portanto escrever:

$$M = \omega t \left(h - \frac{Z}{3}\right)$$

donde:

$$\boxed{t = \frac{M}{\omega \left(h - \frac{Z}{3}\right)}} \qquad (14)$$

## PROBLEMA 9

Pede-se para determinar as fadigas do betão e das armaduras da viga de secção rectangular, representada na fig. 14.

A viga suporta a meio uma carga concentrada de 4.000 kg e encontra-se livremente apoiada.

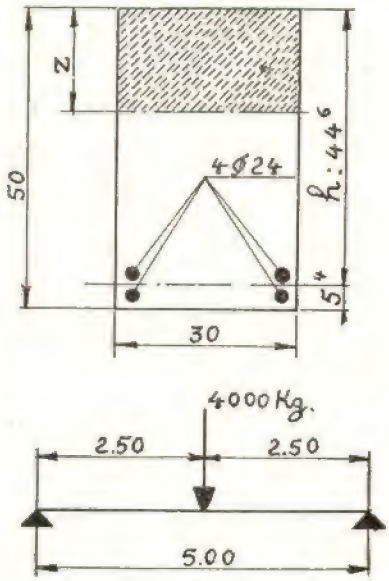



Fig. 14

O momento flector máximo terá lugar a meio da viga e tem o valor:

$$M' = \frac{4.000 \times 2.50}{2} = 5.000 \text{ kgm}$$

É preciso adicionar a êste momento, o momento devido ao pêso próprio da viga:

$$(0{,}30 \times 0{,}50 \times 5 \times 2500) = 1875 \text{ kg.}$$

O momento será:

$$M'' = \frac{1875 \times 5}{8} = 1175 \text{ kgm.}$$

O momento total será então:

$$M = M' + M''$$
$$= 5000 + 1170 = 6170 \text{ kgm.}$$

Posição da fibra neutra:

$$\frac{Z}{h} = -\frac{m\omega}{a h} + \sqrt{\left(\frac{m\omega}{a h}\right)^2 - \frac{2 m \omega}{a h}} =$$
$$= -\frac{15 \times 18{,}10}{30 \times 44{,}60} +$$
$$+ \sqrt{\left(\frac{15 \times 18{,}10}{30 \times 44{,}60}\right)^2 + \frac{2 \times 15 \times 18{,}10}{30 \times 44{,}60}} = 0{,}4636$$

donde:

$$Z = 0{,}464 \times h = 0{,}464 \times 44{,}6 = 20{,}7 \text{ cm.}$$

*Fadiga do betão à compressão:*

$$n : \frac{M Z}{\frac{a Z^3}{3} + m \omega (h - Z)^2} =$$
$$= \frac{617.000 \times 20{,}7}{\frac{30 \times \overline{20{,}7}^3}{3} + 15 \times 18{,}10 (44{,}6 - 20{,}7)^2} =$$
$$= 55 \text{ kg/cm}^2$$

*Fadiga das armaduras de tracção:*

$$t = m n \frac{h - Z}{Z}$$
$$= 15 \times 52 \frac{44{,}60 - 20{,}7}{20{,}7} = 906 \text{ Kg/cm}^2.$$

(*continua*)

# Cálculo dos colectores de esgôto de secção ovoide

PELO ENG.º CIVIL (I. S. T.) JOSÉ GOMES ALVAREZ

As rêdes de esgôto de sistema unitário, isto é, aquelas por onde circulam conjuntamente, e em tôda a sua extensão, as águas sujas domésticas, as industriais e as pluviais, requerem, na maior parte das vezes, para os seus troços principais, colectores de configuração especial capazes de funcionarem satisfatòriamente tanto em regime de máximas precipitações atmosféricas como na estiagem.

De facto, para tais rêdes, onde as proporções entre os caudais mínimo e máximo chegam a atingir valores de 1/100 e 1/150, não basta projectar colectores suficientemente amplos para comportarem as águas provenientes das chuvas mais intensas caídas na bacia drenada. Há que atender também ao modo como se fará o escoamento quando o caudal se reduzir apenas ao das águas sujas.

Tratando-se de rêdes de pequena importância, como tal consideradas quer pela sua reduzida extensão quer pela deminuta área saneada, ou quando fôr possível estabelecer descarregadores de tempestade, ainda se poderão empregar colectores de secção circular. Noutros casos porém, é necessário recorrer a secções mais adequadas, tanto no ponto de vista da melhor adaptabilidade às características do regime de funcionamento atravez das diferentes épocas do ano, como no da possibilidade de serem visitáveis.

De entre as secções adoptadas para êste fim, como sejam as ovoides, as ovais, as triangulares, as pentagonais, etc., a mais vulgarizada é, sem dúvida, a ovoide, da qual se têm ensaiado algumas variantes que resultam das diversas proporções que se podem estabelecer entre as dimensões dos eixos maior e menor da secção transversal, curvaturas da caleira e das linhas de concordância entre aquela e a abóbada superior, e ainda da posição do vértice.

As tabelas que constituem o motivo principal dêste artigo, destinam-se apenas ao cálculo dos colectores ovoides normais, de vértice inferior, e proporções $\frac{d}{h} = \frac{2}{3}$, sendo $d$ o diâmetro da abóbada de cobertura e $h$ a altura total. (1)

**Fórmula utilizada**

Os valores das velocidades e caudais que, para cada secção e declive, figuram nas tabelas são os que correspondem ao regime de funcionamento dos colectores completamente cheios mas sem carga, e foram calculados pelas expressões:

$$\begin{cases} V = \dfrac{100 \,.\, R \,.\, \sqrt{i}}{b + \sqrt{R}} \\ Q = \omega \,.\, V \end{cases}$$

a primeira das quais é a fórmula abreviada de Ganguillet e Kütter, e embora já se lhe tenha feito referência quando se publicaram as tabelas relativas ao cálculo dos colectores de esgôto de secção circular, convém talvez recordar que:

- V — representa a velocidade média de escoamento,
- Q — o caudal,
- $i$ — o declive do canal no trainel considerado,
- $\omega$ — a secção de vazão,
- $\chi$ — o perímetro molhado,
- $R = \frac{\omega}{\chi}$ o raio médio hidráulico,
- $b$ — um coeficiente dependente da natureza da superfície molhada e da forma do canal.

Escolhida uma secção e dado o declive $i$, por simples substituïção de valores nas expressões

(1) Êste tipo é geralmente conhecido sob a designação de Standard belga.

anteriormente apontadas se obtêm V e Q. Foi êste o processo seguido na organização das tabelas.

No que se refere ao valor que se deverá adoptar para o coeficiente b, e limitando o problema apenas aos colectores de esgôto, vem a propósito dizer que as opiniões não são concordantes.

Assim, há autores de projectos que, abstraindo da rugosidade das superfícies internas molhadas dos colectores, e considerando sòmente a variação da composição das águas transportadas com a estação do ano, tomam $b = 0{,}35$ para a determinação das condições de vazão das águas residuais, mas reduzem êste coeficiente a 0,25 quando tratam do escoamento dos caudais resultantes das precipitações atmosféricas, justificando o seu ponto de vista com o aumento do grau de diluïção das águas que então correm pelos colectores.

Outros porém, assentando num critério inicial oposto, propõem que se adopte $b = 0{,}25$ para todos os casos em que se empreguem colectores de grés, reservando o valor de $b = 0{,}35$ para os colectores construídos com alvenaria ou com betão e cujas superfícies internas tenham sido convenientemente rebocadas.

Por último, há quem julgue preferível que, para esgotos e qualquer que seja o material utilizado na construção dos colectores, se adopte sempre $b = 0{,}35$ porque, na maioria dos casos, se constata que, após algum tempo de funcionamento, tôdas as superfícies internas se revestem de incrustações, que também abrangem as zonas superiores das paredes que só de quando em quando são atingidas pelas águas de origem meteórica, e que, no ponto de vista de rugosidade e, portanto, da resistência que opõem à passagem do líquido, tornam semelhantes tôdas as superfícies, qualquer que seja a sua natureza.

Evidentemente que, se se tivesse em conta o efeito desagregante que as alternativas de secura e umidade provocam nas superfícies temporàriamente molhadas dos colectores das redes do sistema unitário, ser-se-ia conduzido a considerar um maior coeficiente de rugosidade.

As expressões gerais das velocidades e caudais que, em função do declive i, serviram para organização das tabelas, e que se encontram indicadas no quadro resumo das características das diferentes secções ovoides consideradas, foram calculadas com $b = 0{,}35$.

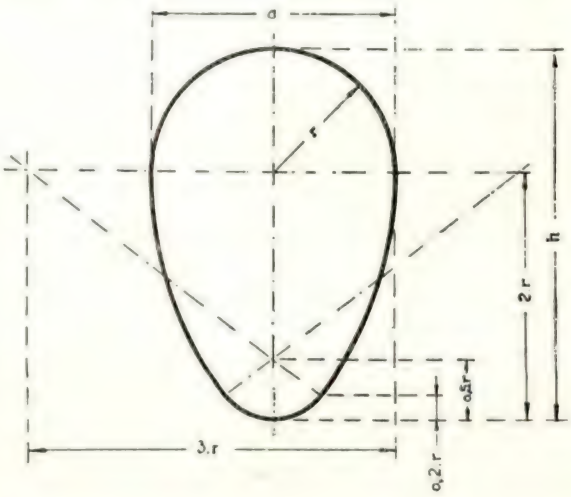
No entanto, o cálculo também poderá ser feito com $b = 0{,}25$, para o que bastará multiplicar os valores da velocidade e do caudal relativos à secção e declive considerados e indicados nas tabelas, pelos coeficientes de conversão $\beta$ que se encontram na última coluna do quadro I e que, para comodidade de consulta, se repetem na parte inferior de cada tabela.

**Características principais dos colectores ovoides normais 2/3**

São as seguintes as características principais dêstes colectores, expressas em função do raio da abóbada de cobertura:

| | |
|---|---|
| Altura total... ... ... ... ... ... ... ... ... | $h = 3\,r$ |
| Diâmetro da abóbada principal... ... | $d = 2\,r$ |
| Raio da caleira ... ... ... ... ... ... ... | $0{,}5\,r$ |
| Flecha da caleira ... ... ... ... ... ... ... | $0{,}2\,r$ |
| Raio das circunferências de concordância ... ... ... ... ... ... ... ... ... | $3\,r$ |
| Secção total ... ... ... ... .. ... ... | $4{,}594\,r^2$ |
| Perímetro ... ... ... ... ... ... ... ... ... | $7{,}930\,r$ |
| Raio médio hidráulico da secção total | $0{,}5792\,r$ |

No quadro I encontram-se os valores dêstes elementos, bem como as expressões das velocidades, caudais e coeficientes de conversão $\beta$ para diferentes secções ovoides desde $0^m{,}40 \times 0^m{,}60$ até $2^m{,}00 \times 3^m{,}00$.



QUADRO I

| Colectores | Altura | Diâmetro da abóbada superior | Raio da caleira | Raio das circunferências de concordância | Flecha da caleira | Secção total | Perímetro | Raio médio hidráulico da secção total | Valores determinados com b = 0,35 | | Valores determinados com b = 0,25 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | Velocidade $V_h$ | Caudal $Q_h$ | Multiplicar $V_h$ e $Q_h$ pelos coeficientes de conversão β |
| m m | m | m | m | m | m | m2 | m | m | m/seg | mc/seg | |
| 0,40×0,60 | 0,60 | 0,40 | 0,10 | 0,60 | 0,04 | 0,183760 | 1,586 | 0,116 | 16,783 $\sqrt{i}$ | 0,18376×V | 1,169 |
| 0,50×0,75 | 0,75 | 0,50 | 0,125 | 0,75 | 0,05 | 0,287125 | 1,982 | 0,145 | 19,836 $\sqrt{i}$ | 0,28713×V | 1,159 |
| 0,60×0,90 | 0,90 | 0,60 | 0,15 | 0,90 | 0,06 | 0,413460 | 2,379 | 0,174 | 22,571 $\sqrt{i}$ | 0,41346×V | 1,149 |
| 0,70×1,05 | 1,05 | 0,70 | 0,175 | 1,05 | 0,07 | 0,562765 | 2,775 | 0,203 | 25,337 $\sqrt{i}$ | 0,56277×V | 1,143 |
| 0,80×1,20 | 1,20 | 0,80 | 0,20 | 1,20 | 0,08 | 0,735040 | 3,172 | 0,232 | 27,916 $\sqrt{i}$ | 0,73504×V | 1,137 |
| 0,90×1,35 | 1,35 | 0,90 | 0,225 | 1,35 | 0,09 | 0,930285 | 3,568 | 0,261 | 30,302 $\sqrt{i}$ | 0,93029×V | 1,131 |
| 1,00×1,50 | 1,50 | 1,00 | 0,25 | 1,50 | 0,10 | 1,148500 | 3,964 | 0,290 | 32,539 $\sqrt{i}$ | 1,14850×V | 1,126 |
| 1,10×1,65 | 1,65 | 1,10 | 0,275 | 1,65 | 0,11 | 1,389685 | 4,361 | 0,319 | 34,858 $\sqrt{i}$ | 1,38968×V | 1,123 |
| 1,20×1,80 | 1,80 | 1,20 | 0,30 | 1,80 | 0,12 | 1,653840 | 4,757 | 0,347 | 36,968 $\sqrt{i}$ | 1,65384×V | 1,119 |
| 1,30×1,95 | 1,95 | 1,30 | 0,325 | 1,95 | 0,13 | 1,940965 | 5,154 | 0,376 | 39,096 $\sqrt{i}$ | 1,94096×V | 1,116 |
| 1,40×2,10 | 2,10 | 1,40 | 0,35 | 2,10 | 0,14 | 2,251060 | 5,550 | 0,405 | 40,949 $\sqrt{i}$ | 2,25106×V | 1,112 |
| 1,50×2,25 | 2,25 | 1,50 | 0,375 | 2,25 | 0,15 | 2,584125 | 5,947 | 0,434 | 43,010 $\sqrt{i}$ | 2,58413×V | 1,110 |
| 1,60×2,40 | 2,40 | 1,60 | 0,40 | 2,40 | 0,16 | 2,940160 | 6,343 | 0,463 | 44,990 $\sqrt{i}$ | 2,94016×V | 1,107 |
| 1,70×2,55 | 2,55 | 1,70 | 0,425 | 2,55 | 0,17 | 3,319165 | 6,740 | 0,492 | 46,796 $\sqrt{i}$ | 3,31916×V | 1,105 |
| 1,80×2,70 | 2,70 | 1,80 | 0,45 | 2,70 | 0,18 | 3,721140 | 7,136 | 0,521 | 48,720 $\sqrt{i}$ | 3,72114×V | 1,103 |
| 1,90×2,85 | 2,85 | 1,90 | 0,475 | 2,85 | 0,19 | 4,146085 | 7,532 | 0,550 | 50,385 $\sqrt{i}$ | 4,14608×V | 1,101 |
| 2,00×3,00 | 3,00 | 2,00 | 0,50 | 3,00 | 0,20 | 4,594000 | 7,929 | 0,579 | 52,180 $\sqrt{i}$ | 4,59400×V | 1,099 |

**Método do cálculo**

O problema não fica porém resolvido pela simples escolha nas tabelas dum colector cujas dimensões permitam transportar, com o declive disponível e completamente cheio, um volume de água igual ou superior ao máximo desejado. A solução completa exige a determinação da velocidade média de escoamento e da altura da lâmina líquida, tanto para êsse caudal máximo como para o de estiagem.

O cálculo dêsses valores torna-se porém muito fácil com o emprêgo do quadro III, ou dos ábacos que dêle derivam.

Como o princípio sôbre que se funda êste método de cálculo é o mesmo que se descreveu quando se tratou dos colectores circulares [1], é desnecessário repeti-lo pelo que se passa imediatamente a indicar o modo de proceder:

Dados o caudal $Q_x$ que se pretende escoar e o declive $i$ do trainel onde o colector deverá ser assente, procura-se nas tabelas, e para êsse declive, uma secção cujo caudal seja ligeiramente superior ao valor dado.

Anotados os valores dêsse caudal $Q_h$ e da velocidade $V_h$ que lhe corresponde, calcula-se o cociente $\frac{Q_x}{Q_h} = x$.

Depois, se se desejar utilizar a fórmula abreviada de Ganguillet e Kütter com o coeficiente $b = 0{,}35$, entra-se com $x$ na oitava coluna do quadro III, e lê-se na mesma linha, mas na primeira coluna, qual o coeficiente $z$ pelo qual se deverá multiplicar a altura $h$ do colector escolhido para se obter aquela que o líquido atingirá; a sétima coluna fornecerá o coeficiente $y$, cujo produto pela velocidade $V_h$ dará o valor da velocidade média de escoamento relativa ao caudal proposto.

Em resumo:

$$\begin{cases} V_x = V_h \cdot y \\ h_x = h \cdot z \end{cases}$$

Querendo empregar a fórmula citada com $b = 0{,}25$, deverá multiplicar-se em primeiro

[1] Ver a «Técnica» n.º 104, de Julho de 1939.

lugar o caudal $Q_h$ e a velocidade $V_h$, dados pelas tabelas, pelo coeficiente de conversão $\beta$ relativo à secção ensaiada, após o que se calculará o cociente

$$x' = \frac{Q_x}{Q'_h} = \frac{Q_x}{Q_h \cdot \beta}$$

Feito isto, entra-se com $x'$ na décima segunda coluna do quadro III, lendo-se na décima primeira o coeficiente $y'$ que, multiplicado por $V'_h = V_h \cdot \beta$, fornecerá a velocidade procurada. Como no caso anterior, a fracção da altura do colector ocupada pela lâmina líquida continua a ser dada pela primeira coluna do referido quadro.

Resumindo:

$$\begin{cases} V'_x = y' \cdot V_h \cdot \beta \\ h' = z' \cdot h \end{cases}$$

Como era geral não figuram nas colunas de entrada do quadro III valores exactamente iguais aos dos cocientes $\frac{Q_x}{Q_h}$ e $\frac{Q_x}{Q_h \cdot \beta}$, a resolução do problema pelo processo indicado torna-se incómoda pelas interpolações que exige, mas êsse trabalho desaparecerá se se recorrer ao uso dos ábacos que acompanham estas tabelas, e que não são mais que a tradução gráfica dos coeficientes constantes do quadro em questão.

Antes porém de se descrever a forma de utilizar êsses ábacos, convém notar que, em rigor, tanto êles como os valores de que derivam, apenas deveriam ser aplicados para o caso dum colector ovoide de $0^m,66 \times 1^m,00$, porque sòmente para êle foram calculados.

No entanto, como são pequenas as diferenças existentes entre os coeficientes que se indicam no quadro III e aqueles que, rigorosamente, correspondem aos restantes colectores do mesmo tipo mas de outras dimensões, pode fazer-se a sua generalização, aplicando-os para o cálculo dessoutras secções, sem que se cometa um êrro apreciável. São de muito maior grandeza os erros que inevitàvelmente se praticam na avaliação dos caudais colhidos nas bacias drenadas [1].

Posto isto, vejamos como se utilizam os ábacos, o primeiro dos quais foi calculado com $b = 0{,}35$, e o segundo com $b = 0{,}25$. O terceiro, que é uma ampliação em escalas diferentes da parte inferior do primeiro, deverá ser empregado sempre que se trate de verificar as condições de escoamento de pequenos caudais, como sejam os das águas sujas domésticas, atravez de colectores de grandes dimensões.

Tal como na resolução analítica do problema, dois casos podem ser encarados: ou se faz o cálculo com $b = 0{,}35$, ou com $b = 0{,}25$.

No primeiro caso, dado $Q_x$, escolhida uma secção e conhecidos portanto $Q_h$ e $V_h$, calcula-se $\frac{Q_x}{Q_h} = x$ e, entrando com êste valor em abcissas no primeiro ábaco, determina-se sôbre a curva dos caudais um ponto cuja ordenada $z$, substituída na expressão $h_x = h \cdot z$, dará a altura da lâmina líquida.

O valor de $y$ necessário para o cálculo da velocidade pela expressão $V_x = y \cdot V_h$, não é mais do que a abcissa do ponto da curva das velocidades que tem a mesma ordenada $z$.

Para o segundo caso utilizar-se-á o segundo ábaco cujo funcionamento é exactamente igual ao do anterior, devendo contudo atender-se ao facto de que o valor de entrada é $x' = \frac{Q_x}{Q_h \cdot \beta}$, e que a velocidade média de escoamento será dada por $V'_x = y' \cdot V_h \cdot \beta$. Calcular-se-à a altura da lâmina líquida pela expressão $h'_x = z' \cdot h$.

O que se acaba de expor, está indicado sob a forma de esquema junto de cada um dos respectivos ábacos.

O terceiro ábaco funciona por forma idêntica à do primeiro, sendo também as mesmas as expressões a utilizar nos cálculos.

O seguinte exemplo, esclarecerá qualquer dúvida que possa ter surgido sôbre o modo de operar:

> Determinar a secção e as condições de funcionamento dum colector ovoide, de tipo $\frac{2}{3}$ normal, que deverá escoar um caudal máximo de 2876 l/seg, e que será assente num trainel com um declive de 4 mm/m.
>
> Verificar, igualmente, o funcionamento do mesmo colector para o caudal de estiagem que atinge o valor de 32,5 l/seg.

[1] Igualmente se faz notar que é quási indiferente utilizar os coeficientes $x$ e $x'$, $y$ e $y'$ do quadro III, calculados com $b = 0{,}35$ e com $b = 0{,}25$.

No primeiro caso, poderá admitir-se que o coeficiente de rugosidade é $b = 0{,}25$.

a) *Resolução analítica*

Consultando as tabelas, verifica-se que, para o declive de 4 mm/m, a secção de $1{,}10 \times 1{,}65$ pode satisfazer às condições impostas, visto que o caudal que transporta, quando completamente cheia, é ligeiramente superior ao valor dado. Êsse caudal é $Q_h = 3063{,}9$ l/seg e a velocidade correspondente $V_h = 2{,}20$ m/seg.

Como, nas condições do problema, a verificação para o caudal máximo a escoar pode ser feita com $b = 0{,}25$, deve ter-se em conta o coeficiente de conversão $\beta$ que, para a secção de $1{,}10 \times 1{,}65$, tem o valor de 1,123.

Portanto:

$$x' = \frac{Q_x}{Q_h \cdot \beta} = \frac{2876}{3063{,}9 \times 1{,}123} = 0{,}835$$

Entrando com êste valor na décima segunda coluna do quadro III, constata-se que está compreendido entre 0,757 e 0,842 aos quais correspondem, respectivamente, na décima primeira coluna os coeficientes de velocidade 1,079 e 1,099, e na primeira coluna as fracções da altura 0,70 e 0,75.

Interpolando, ter-se-á:

$y' = 1{,}096$ e $z' = 0{,}746$, donde:

$V'_x = y' \cdot V_h \cdot \beta = 1{,}096 \times 2{,}20 \text{ m/seg} \times 1{,}123 =$
$= 2{,}71$ m/seg, e

$h'_x = z' \cdot h = 0{,}746 \times 1{,}65 \text{ m} = 1{,}23$ m.

Para o caudal de estiagem procede-se do mesmo modo, mas como se trata de águas mais concentradas, deve-se fazer o cálculo com $b = 0{,}35$. Neste caso será:

$$x = \frac{Q_x}{Q_h} = \frac{32{,}5}{3063{,}9} = 0{,}0106$$

Entrando com x na oitava coluna do quadro III, determinam-se, por interpolação, na sétima e na primeira colunas, os coeficientes de velocidade e de altura:

$y = 0{,}339$ e $z = 0{,}079$, donde:

$V_x = y \cdot V_h = 0{,}339 \times 2{,}20 \text{ m/seg} = 0{,}75$ m/seg, e

$h_x = z \cdot h = 0{,}079 \times 1{,}65 \text{ m} = 0{,}13$ m.

b) *Resolução gráfica*

Tal como no cálculo anterior, efectua-se o cociente $x' = \dfrac{Q_x}{Q_h \cdot \beta} = \dfrac{2876}{3063{,}9 \times 1{,}123} = 0{,}835$.

Depois, entrando com êste valor em abcissas no segundo ábaco, determina-se o ponto que lhe corresponde na curva dos caudais, cuja ordenada tem por valor: $z' = 0{,}745$.

A abcissa do ponto que, sôbre a curva das velocidades, tem a mesma ordenada z', não é mais do que o coeficiente de velocidade y', cujo valor é 1,095

Portanto:

$V'_x = y' \cdot V_h \cdot \beta = 1{,}095 \times 2{,}20 \text{ m/seg} \times 1{,}123 =$
$= 2{,}70$ m/seg

$h'_x = z' \cdot h = 0{,}745 \times 1{,}65 \text{ m} = 1{,}23$ m.

Para o cálculo da velocidade e da altura da lâmina líquida respeitantes ao caudal de estiagem convém utilizar o terceiro ábaco, visto que o valor de $x = \dfrac{Q_x}{Q_h} = \dfrac{32{,}5}{3063{,}9} = 0{,}0106$

está ainda compreendido entre aqueles que êsse ábaco abrange; procedendo como anteriormente, ter-se-á:

$z = 0{,}079$ e $y = 0{,}34$, donde:

$V_x = y \cdot V_h = 0{,}34 \times 2{,}20 \text{ m/seg} = 0{,}75$ m/seg.

$h_x = z \cdot h = 0{,}079 \times 1{,}65 \text{ m} = 0{,}13$ m.

**Velocidades e caudais máximos**

O valor máximo da velocidade média de escoamento neste tipo de colectores corresponde a uma altura do líquido igual a $2{,}56 \cdot r$, sendo $r$ a semi-abertura da abóbada superior. Produz-se o caudal máximo quando a lâmina líquida atinge uma altura de $2{,}86 \cdot r$.

Como é óbvio, não deverá contar-se em caso algum com a capacidade máxima de transporte dos colectores porque um tal regime de funcionamento corresponde a um estado de equi-

librio crítico que, rompendo-se, pode pô-los em carga. O aproveitamento máximo dum colector ovoide não deve ultrapassar a linha das nascenças da abóbada de cobertura.

Quanto aos valores limites que convém observar para as velocidades, faz-se notar apenas que, em geral, não devem ser inferiores a 0,60 m/seg nem superiores a 5 m/seg. É possível que êstes limites venham em breve a ser fixadas por um regulamento oficial de saneamento.

* * *

Uma vez que já se tratou dos colectores circulares e agora dos ovoides, parece oportuno estabelecer uma comparação entre êles que permita avaliar das vantagens de uns e de outros, não no ponto de vista do custo da sua construção, mas sob o aspecto hidráulico.

Foram os seguintes os elementos de cálculo a que se recorreu nas hipóteses consideradas neste elementar estudo comparativo:

*Colector circular de diâmetro D*

Secção total..... $\omega_c = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0{,}7854 \cdot D^2$

Perímetro total..... $\chi_c = \pi \cdot D = 3{,}1416 \cdot D$

Raio médio hidráulico..... $R_c = \frac{\omega_c}{\chi_c} = 0{,}250 \cdot D$

Velocidade média de escoamento..... $V_c = \frac{25 \cdot D \cdot \sqrt{i}}{0{,}35 + 0{,}50 \cdot \sqrt{D}}$

Caudal..... $Q_c = \omega_c \cdot V_c$

*Colector ovoide de altura h*

Secção total..... $\omega_o = 0{,}5104 \cdot h^2$

Perímetro total..... $\chi_o = 2{,}643 \cdot h$

Raio médio hidráulico..... $R_o = \frac{\omega_o}{\chi_o} = 0{,}1931 \cdot h$

Velocidade média de escoamento..... $V_o = \frac{19{,}31 \cdot h \cdot \sqrt{i}}{0{,}35 + 0{,}438 \cdot \sqrt{h}}$

Caudal..... $Q_o = \omega_o \cdot V_o$

I — *Comparação entre um colector circular de diâmetro D e um ovoide de altura $h = D$*

Como por hipótese é $h = D$, substituindo êste valor em $V_o$, dividindo $V_c$ por $V_o$, e fazendo $D = 1^m{,}00$, ter-se-á:

$$V_c = 1{,}202 \cdot V_o$$

Procedendo do mesmo modo para os caudais, obter-se-á:

$$Q_c = 1{,}849 \cdot Q_o \ .$$

II — *Comparação entre um colector circular e um ovoide com igual secção de vazão*

Como por hipótese $\omega_c = \omega_o$, será:

$$h = 1{,}240 \ D$$

Dividindo $V_c$ por $V_o$, substituindo, na expressão desta última velocidade, $h$ pelo valor acima indicado, e fazendo $D = 1^m{,}00$, obter-se-á:

$$V_c = 1{,}028 \cdot V_o$$

Para os caudais, será:

$$Q_c = 1{,}028 \cdot Q_o$$

III — *Comparação entre um colector circular, de diâmetro D, e um ovoide, cuja largura nas nascenças da abóbada de cobertura seja igual ao diâmetro do primeiro*

Como $\frac{d}{h} = \frac{2}{3}$ e por hipótese $d = D$, exprimindo $V_o$ em função de $d$, dividindo $V_c$ por $V_o$, e fazendo $D = 1^m{,}00$, ter-se-á:

$$V_c = 0{,}900 \cdot V_o$$

Para os caudais, como $\omega_o = 0{,}5104 \cdot h^2 = 1{,}1484 \cdot d^2$, obter-se-á a seguinte relação:

$$Q_c = 0{,}615 \cdot Q_o$$

No quadro II, estão indicados os resultados obtidos nas três hipóteses consideradas.

QUADRO II

| Colector ovoide $\frac{2}{3}$ $V_o$ , $Q_o$ | Colector circular $V_c$ , $Q_c$ | Resultados comparativos para D = 1,00 m. |
|---|---|---|
| h | D | $V_c = 1{,}202 \cdot V_o$ <br> $Q_c = 1{,}849 \cdot Q_o$ |
| h = D | | |
| h | 1,24 1,00 D | $V_c = 1{,}028 \cdot V_o$ <br> $Q_c = 1{,}028 \cdot Q_o$ |
| $\omega_o = \omega_c$ | | |
| h | d D | $V_c = 0{,}900 \cdot V_o$ <br> $Q_c = 0{,}615 \cdot Q_o$ |
| d = D | | |

À primeira vista, a análise dêstes resultados pode conduzir à conclusão de que, com excepção do caso tratado na terceira hipótese, há sempre vantagem em utilizar colectores circulares.

Mas como se disse de início, as características das secções circulares não permitem o seu emprêgo nas rêdes de esgôto de certa importância, sujeitas a grandes oscilações de caudal.

Todavia, é possível conseguir um funcionamento satisfatório, mesmo para os caudais de estiagem, e dispor também da grande capacidade de transporte que oferecem as secções circulares, desde que se construa uma secção mixta, composta por um colector circular e por uma caleira, colocada na parte inferior, de forma circular, pentagonal, etc., e calculada para o menor dos caudais a escoar.

A partir de determinados diâmetros, variáveis para cada espécie de material, intervêm os factores de ordem económica, não menos importantes que os de ordem técnica, que limitam também o emprêgo dos colectores circulares.

$$\begin{cases} V = 16{,}783\sqrt{i} & \text{mc./seg.} \\ Q = 0{,}18376 \times V & \text{m. c/seg.} \end{cases}$$

**0,40 × 0,60**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,38 | 68,96 | 31 | 2,95 | 543,01 |
| 1 | 0,53 | 97,52 | 32 | 3,00 | 551,67 |
| 1,5 | 0,65 | 119,45 | 33 | 3,05 | 560,25 |
| 2 | 0,75 | 137,92 | 34 | 3,09 | 568,67 |
| 2,5 | 0,84 | 154,20 | 35 | 3,14 | 576,96 |
| 3 | 0,92 | 168,91 | 36 | 3,18 | 585,17 |
| 3,5 | 0,99 | 182,45 | 37 | 3,23 | 593,22 |
| 4 | 1,06 | 195,07 | 38 | 3,27 | 601,20 |
| 4,5 | 1,13 | 206,88 | 39 | 3,31 | 609,04 |
| 5 | 1,19 | 218,07 | 40 | 3,36 | 616,81 |
| 5,5 | 1,24 | 228,71 | 41 | 3,40 | 624,46 |
| 6 | 1,30 | 238,89 | 42 | 3,44 | 632,04 |
| 6,5 | 1,35 | 248,64 | 43 | 3,48 | 639,51 |
| 7 | 1,40 | 258,00 | 44 | 3,52 | 646,91 |
| 7,5 | 1,45 | 267,08 | 45 | 3,56 | 654,22 |
| 8 | 1,50 | 275,84 | 46 | 3,60 | 661,43 |
| 8,5 | 1,55 | 284,32 | 47 | 3,64 | 668,59 |
| 9 | 1,59 | 292,58 | 48 | 3,68 | 675,68 |
| 9,5 | 1,64 | 300,60 | 49 | 3,72 | 682,68 |
| 10 | 1,68 | 308,40 | 50 | 3,75 | 689,62 |
| 11 | 1,76 | 323,45 | 51 | 3,79 | 696,47 |
| 12 | 1,84 | 337,83 | 52 | 3,83 | 703,25 |
| 13 | 1,91 | 351,64 | 53 | 3,86 | 710,00 |
| 14 | 1,99 | 364,90 | 54 | 3,90 | 716,64 |
| 15 | 2,06 | 377,70 | 55 | 3,94 | 723,27 |
| 16 | 2,12 | 390,10 | 56 | 3,97 | 729,81 |
| 17 | 2,19 | 402,10 | 57 | 4,01 | 736,32 |
| 18 | 2,25 | 413,76 | 58 | 4,04 | 742,73 |
| 19 | 2,31 | 425,10 | 59 | 4,08 | 749,11 |
| 20 | 2,37 | 436,15 | 60 | 4,11 | 755,44 |
| 21 | 2,43 | 446,91 | 61 | 4,15 | 761,70 |
| 22 | 2,49 | 457,43 | 62 | 4,18 | 767,93 |
| 23 | 2,55 | 467,73 | 63 | 4,21 | 774,09 |
| 24 | 2,60 | 477,78 | 64 | 4,25 | 780,20 |
| 25 | 2,65 | 487,62 | 65 | 4,28 | 786,27 |
| 26 | 2,71 | 497,27 | 66 | 4,31 | 792,29 |
| 27 | 2,76 | 506,77 | 67 | 4,34 | 798,27 |
| 28 | 2,81 | 516,05 | 68 | 4,38 | 804,22 |
| 29 | 2,86 | 525,18 | 69 | 4,41 | 810,12 |
| 30 | 2,91 | 534,19 | 70 | 4,44 | 815,95 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}169$

$$\begin{cases} V = 19{,}836\sqrt{i} & \text{m./seg.} \\ Q = 0{,}28713 \times V & \text{m. c/seg.} \end{cases}$$

**0,50 × 0,75**

| Declives mm/m. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,44 | 127,35 | 31 | 3,49 | 1002,81 |
| 1 | 0,63 | 180,09 | 32 | 3,55 | 1018,81 |
| 1,5 | 0,77 | 220,59 | 33 | 3,60 | 1034,65 |
| 2 | 0,89 | 254,70 | 34 | 3,66 | 1050,19 |
| 2,5 | 0,99 | 284,78 | 35 | 3,71 | 1065,52 |
| 3 | 1,09 | 311,94 | 36 | 3,76 | 1080,66 |
| 3,5 | 1,17 | 336,94 | 37 | 3,82 | 1095,53 |
| 4 | 1,25 | 360,24 | 38 | 3,87 | 1110,28 |
| 4,5 | 1,33 | 382,05 | 39 | 3,92 | 1124,75 |
| 5 | 1,40 | 402,73 | 40 | 3,97 | 1139,10 |
| 5,5 | 1,47 | 422,38 | 41 | 4,02 | 1153,23 |
| 6 | 1,54 | 441,17 | 42 | 4,07 | 1167,24 |
| 6,5 | 1,60 | 459,17 | 43 | 4,11 | 1181,02 |
| 7 | 1,66 | 476,49 | 44 | 4,16 | 1194,69 |
| 7,5 | 1,72 | 493,22 | 45 | 4,21 | 1208,19 |
| 8 | 1,77 | 509,41 | 46 | 4,25 | 1221,52 |
| 8,5 | 1,83 | 525,07 | 47 | 4,30 | 1234,73 |
| 9 | 1,88 | 540,33 | 48 | 4,35 | 1247,83 |
| 9,5 | 1,93 | 555,14 | 49 | 4,39 | 1260,76 |
| 10 | 1,98 | 569,55 | 50 | 4,44 | 1273,57 |
| 11 | 2,08 | 597,35 | 51 | 4,48 | 1286,22 |
| 12 | 2,17 | 623,88 | 52 | 4,52 | 1298,75 |
| 13 | 2,26 | 649,40 | 53 | 4,57 | 1311,22 |
| 14 | 2,35 | 673,89 | 54 | 4,61 | 1323,47 |
| 15 | 2,43 | 697,53 | 55 | 4,65 | 1335,71 |
| 16 | 2,51 | 720,42 | 56 | 4,69 | 1347,79 |
| 17 | 2,59 | 742,58 | 57 | 4,74 | 1359,80 |
| 18 | 2,66 | 764,11 | 58 | 4,78 | 1371,65 |
| 19 | 2,73 | 785,07 | 59 | 4,82 | 1383,44 |
| 20 | 2,81 | 805,46 | 60 | 4,86 | 1395,11 |
| 21 | 2,87 | 825,34 | | | |
| 22 | 2,94 | 844,76 | | | |
| 23 | 3,01 | 863,78 | | | |
| 24 | 3,07 | 882,35 | | | |
| 25 | 3,14 | 900,52 | | | |
| 26 | 3,20 | 918,34 | | | |
| 27 | 3,26 | 935,89 | | | |
| 28 | 3,32 | 953,03 | | | |
| 29 | 3,38 | 969,89 | | | |
| 30 | 3,44 | 986,52 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}159$

$$\begin{cases} V = 22{,}571\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 0{,}41346 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**0,60 × 0,90**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,50 | 208,67 | 31 | 3,97 | 1643,12 |
| 1 | 0,71 | 295,08 | 32 | 4,04 | 1669,34 |
| 1,5 | 0,87 | 361,44 | 33 | 4,10 | 1695,29 |
| 2 | 1,01 | 417,34 | 34 | 4,16 | 1720,76 |
| 2,5 | 1,13 | 466,61 | 35 | 4,22 | 1745,87 |
| 3 | 1,24 | 511,12 | 36 | 4,28 | 1770,69 |
| 3,5 | 1,34 | 552,09 | 37 | 4,34 | 1795,05 |
| 4 | 1,43 | 590,26 | 38 | 4,40 | 1819,22 |
| 4,5 | 1,51 | 626,00 | 39 | 4,46 | 1842,92 |
| 5 | 1,60 | 659,88 | 40 | 4,51 | 1866,44 |
| 5,5 | 1,67 | 692,07 | 41 | 4,57 | 1889,58 |
| 6 | 1,75 | 722,87 | 42 | 4,63 | 1912,54 |
| 6,5 | 1,82 | 752,36 | 43 | 4,68 | 1935,13 |
| 7 | 1,89 | 780,73 | 44 | 4,73 | 1957,52 |
| 7,5 | 1,95 | 808,17 | 45 | 4,79 | 1979,64 |
| 8 | 2,02 | 834,67 | 46 | 4,84 | 2001,48 |
| 8,5 | 2,08 | 860,34 | 47 | 4,89 | 2023,13 |
| 9 | 2,14 | 885,35 | 48 | 4,95 | 2044,59 |
| 9,5 | 2,20 | 909,61 | 49 | 5,00 | 2065,77 |
| 10 | 2,26 | 933,22 | 50 | 5,05 | 2086,77 |
| 11 | 2,37 | 978,76 | | | |
| 12 | 2,47 | 1022,25 | | | |
| 13 | 2,57 | 1064,06 | | | |
| 14 | 2,67 | 1104,19 | | | |
| 15 | 2,76 | 1142,92 | | | |
| 16 | 2,86 | 1180,43 | | | |
| 17 | 2,94 | 1216,73 | | | |
| 18 | 3,03 | 1252,00 | | | |
| 19 | 3,11 | 1286,35 | | | |
| 20 | 3,19 | 1319,76 | | | |
| 21 | 3,27 | 1352,33 | | | |
| 22 | 3,35 | 1384,15 | | | |
| 23 | 3,42 | 1415,32 | | | |
| 24 | 3,50 | 1445,74 | | | |
| 25 | 3,57 | 1475,51 | | | |
| 26 | 3,64 | 1504,72 | | | |
| 27 | 3,71 | 1533,47 | | | |
| 28 | 3,78 | 1561,56 | | | |
| 29 | 3,84 | 1589,18 | | | |
| 30 | 3,91 | 1616,43 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}149$

$$\begin{cases} V = 25{,}337\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 0{,}56277 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**0,70 × 1,05**

| Declives mm/m. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m. | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,57 | 318,83 | 21 | 3,67 | 2066,26 |
| 1 | 0,80 | 450,86 | 22 | 3,76 | 2114,88 |
| 1,5 | 0,98 | 552,25 | 23 | 3,84 | 2162,50 |
| 2 | 1,13 | 637,66 | 24 | 3,93 | 2208,98 |
| 2,5 | 1,27 | 712,95 | 25 | 4,01 | 2254,47 |
| 3 | 1,39 | 780,96 | 26 | 4,09 | 2299,10 |
| 3,5 | 1,50 | 843,55 | 27 | 4,16 | 2343,02 |
| 4 | 1,60 | 901,87 | 28 | 4,24 | 2385,94 |
| 4,5 | 1,70 | 959,48 | 29 | 4,31 | 2428,14 |
| 5 | 1,79 | 1008,24 | 30 | 4,39 | 2469,78 |
| 5,5 | 1,88 | 1057,44 | 31 | 4,46 | 2510,56 |
| 6 | 1,96 | 1104,49 | 32 | 4,53 | 2550,63 |
| 6,5 | 2,04 | 1149,55 | 33 | 4,60 | 2590,27 |
| 7 | 2,12 | 1192,90 | 34 | 4,67 | 2629,19 |
| 7,5 | 2,19 | 1234,82 | 35 | 4,74 | 2667,55 |
| 8 | 2,27 | 1275,32 | 36 | 4,81 | 2705,48 |
| 8,5 | 2,34 | 1314,53 | 37 | 4,87 | 2742,70 |
| 9 | 2,40 | 1352,74 | 38 | 4,94 | 2779,63 |
| 9,5 | 2,47 | 1389,81 | 39 | 5,00 | 2815,85 |
| 10 | 2,53 | 1425,89 | 40 | 5,07 | 2851,78 |
| 11 | 2,66 | 1495,47 | | | |
| 12 | 2,78 | 1561,92 | | | |
| 13 | 2,89 | 1625,80 | | | |
| 14 | 3,00 | 1687,11 | | | |
| 15 | 3,10 | 1746,29 | | | |
| 16 | 3,20 | 1803,60 | | | |
| 17 | 3,30 | 1859,07 | | | |
| 18 | 3,40 | 1912,97 | | | |
| 19 | 3,49 | 1965,45 | | | |
| 20 | 3,58 | 2016,49 | | | |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}143$

$$\begin{cases} V = 27{,}916\sqrt{i} & \text{m./seg.} \\ Q = 0{,}73504 \times V & \text{mc./seg.} \end{cases}$$

**0,80 × 1,20**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,62 | 458,81 | 11 | 2,93 | 2152,07 |
| 1 | 0,88 | 648,82 | 12 | 3,06 | 2247,69 |
| 1,5 | 1,08 | 794,71 | 13 | 3,18 | 2339,62 |
| 2 | 1,25 | 917,62 | 14 | 3,30 | 2427,85 |
| 2,5 | 1,40 | 1025,97 | 15 | 3,42 | 2513,00 |
| 3 | 1,53 | 1123,85 | 16 | 3,53 | 2595,49 |
| 3,5 | 1,65 | 1213,92 | 17 | 3,64 | 2675,31 |
| 4 | 1,76 | 1297,85 | 18 | 3,75 | 2752,88 |
| 4,5 | 1,87 | 1376,44 | 19 | 3,85 | 2828,39 |
| 5 | 1,97 | 1450,92 | 20 | 3,95 | 2901,85 |
| 5,5 | 2,07 | 1521,72 | 21 | 4,05 | 2973,46 |
| 6 | 2,16 | 1589,43 | 22 | 4,14 | 3043,43 |
| 6,5 | 2,25 | 1654,27 | 23 | 4,23 | 3111,97 |
| 7 | 2,34 | 1716,65 | 24 | 4,32 | 3178,86 |
| 7,5 | 2,42 | 1776,97 | 25 | 4,41 | 3244,32 |
| 8 | 2,50 | 1835,25 | 26 | 4,50 | 3308,54 |
| 8,5 | 2,57 | 1891,68 | 27 | 4,59 | 3371,74 |
| 9 | 2,65 | 1946,67 | 28 | 4,67 | 3433,50 |
| 9,5 | 2,72 | 2000,02 | 29 | 4,75 | 3494,24 |
| 10 | 2,79 | 2051,94 | 30 | 4,83 | 3554,16 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}137$

$$\begin{cases} V = 30{,}302\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 0{,}93029 \times V & \text{mc./seg.} \end{cases}$$

**0,90 × 1,35**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,68 | 630,32 | 11 | 3,18 | 2956,53 |
| 1 | 0,96 | 891,36 | 12 | 3,32 | 3087,89 |
| 1,5 | 1,17 | 1091,78 | 13 | 3,45 | 3214,18 |
| 2 | 1,35 | 1260,64 | 14 | 3,58 | 3335,40 |
| 2,5 | 1,51 | 1409,48 | 15 | 3,71 | 3452,38 |
| 3 | 1,66 | 1543,95 | 16 | 3,83 | 3565,71 |
| 3,5 | 1,79 | 1667,70 | 17 | 3,95 | 3675,36 |
| 4 | 1,92 | 1782,99 | 18 | 4,06 | 3781,92 |
| 4,5 | 2,03 | 1890,96 | 19 | 4,18 | 3885,66 |
| 5 | 2,14 | 1993,29 | 20 | 4,28 | 3986,58 |
| 5,5 | 2,25 | 2090,54 | 21 | 4,39 | 4084,96 |
| 6 | 2,35 | 2183,57 | 22 | 4,49 | 4181,09 |
| 6,5 | 2,44 | 2272,65 | 23 | 4,59 | 4275,24 |
| 7 | 2,53 | 2358,35 | 24 | 4,69 | 4367,14 |
| 7,5 | 2,62 | 2441,22 | 25 | 4,79 | 4457,06 |
| 8 | 2,71 | 2521,28 | 26 | 4,89 | 4545,30 |
| 8,5 | 2,79 | 2598,80 | 27 | 4,98 | 4632,12 |
| 9 | 2,87 | 2674,35 | 28 | 5,07 | 4716,97 |
| 9,5 | 2,95 | 2747,64 | 29 | 5,16 | 4800,41 |
| 10 | 3,03 | 2818,96 | 30 | 5,25 | 4882,73 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}131$

$$\begin{cases} V = 32{,}539\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 1{,}14850 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**1,00 × 1,50**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,73 | 835,6 | 5,5 | 2,41 | 2771,4 | 11 | 3,41 | 3919,5 |
| 1 | 1,03 | 1181,2 | 6 | 2,52 | 2894,8 | 12 | 3,56 | 4093,6 |
| 1,5 | 1,26 | 1447,4 | 6,5 | 2,62 | 3012,8 | 13 | 3,71 | 4261,0 |
| 2 | 1,46 | 1671,2 | 7 | 2,72 | 3126,5 | 14 | 3,85 | 4421,7 |
| 2,5 | 1,63 | 1868,6 | 7,5 | 2,82 | 3236,3 | 15 | 3,98 | 4576,8 |
| 3 | 1,78 | 2046,8 | 8 | 2,91 | 3342,5 | 16 | 4,11 | 4727,1 |
| 3,5 | 1,92 | 2210,9 | 8,5 | 3,00 | 3445,2 | 17 | 4,24 | 4872,4 |
| 4 | 2,06 | 2363,7 | 9 | 3,09 | 3545,4 | 18 | 4,36 | 5013,7 |
| 4,5 | 2,18 | 2506,8 | 9,5 | 3,17 | 3642,6 | 19 | 4,48 | 5151,2 |
| 5 | 2,30 | 2642,5 | 10 | 3,25 | 3737,1 | 20 | 4,60 | 5285,0 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}126$

$$\begin{cases} V = 34{,}858\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 1{,}38968 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**1,10 × 1,65**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,78 | 1083,1 | 5,5 | 2,59 | 3592,4 | 11 | 3,66 | 5080,5 |
| 1 | 1,10 | 1531,7 | 6 | 2,70 | 3752,3 | 12 | 3,82 | 5306,3 |
| 1,5 | 1,35 | 1876,1 | 6,5 | 2,81 | 3905,4 | 13 | 3,97 | 5523,3 |
| 2 | 1,56 | 2166,3 | 7 | 2,92 | 4052,6 | 14 | 4,12 | 5731,6 |
| 2,5 | 1,74 | 2422,1 | 7,5 | 3,02 | 4195,0 | 15 | 4,27 | 5932,6 |
| 3 | 1,91 | 2653,1 | 8 | 3,12 | 4332,6 | 16 | 4,41 | 6127,4 |
| 3,5 | 2,06 | 2865,8 | 8,5 | 3,21 | 4465,8 | 17 | 4,54 | 6315,8 |
| 4 | 2,20 | 3063,9 | 9 | 3,31 | 4595,6 | 18 | 4,68 | 6498,9 |
| 4,5 | 2,34 | 3249,5 | 9,5 | 3,40 | 4721,6 | 19 | 4,80 | 6677,2 |
| 5 | 2,46 | 3425,3 | 10 | 3,49 | 4844,2 | 20 | 4,93 | 6850,6 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}123$

$$\begin{cases} V = 36{,}968\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 1{,}65384 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**1,20 × 1,80**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,83 | 1367,1 | 5,5 | 2,74 | 4534,1 | 11 | 3,88 | 6412,3 |
| 1 | 1,17 | 1933,2 | 6 | 2,86 | 4735,8 | 12 | 4,05 | 6697,2 |
| 1,5 | 1,43 | 2367,9 | 6,5 | 2,98 | 4929,0 | 13 | 4,21 | 6971,1 |
| 2 | 1,65 | 2734,1 | 7 | 3,09 | 5114,9 | 14 | 4,37 | 7234,0 |
| 2,5 | 1,85 | 3057,0 | 7,5 | 3,20 | 5294,7 | 15 | 4,53 | 7487,7 |
| 3 | 2,02 | 3348,6 | 8 | 3,31 | 5468,3 | 16 | 4,67 | 7733,5 |
| 3,5 | 2,19 | 3617,0 | 8,5 | 3,41 | 5636,4 | 17 | 4,82 | 7971,3 |
| 4 | 2,34 | 3867,1 | 9 | 3,51 | 5800,3 | 18 | 4,96 | 8202,4 |
| 4,5 | 2,48 | 4101,2 | 9,5 | 3,60 | 5959,2 | 19 | 5,09 | 8427,4 |
| 5 | 2,61 | 4323,1 | 10 | 3,70 | 6113,9 | 20 | 5,23 | 8646,3 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}119$

$$\begin{cases} V = 39{,}096\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 1{,}94096 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

**1,30 × 1,95**

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. | Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,5 | 0,87 | 1696,8 | 5,5 | 2,90 | 5627,5 | 11 | 4,10 | 7958,7 |
| 1 | 1,24 | 2399,4 | 6 | 3,03 | 5878,0 | 12 | 4,28 | 8312,3 |
| 1,5 | 1,51 | 2939,0 | 6,5 | 3,15 | 6117,7 | 13 | 4,46 | 8652,3 |
| 2 | 1,75 | 3393,5 | 7 | 3,27 | 6348,4 | 14 | 4,63 | 8978,6 |
| 2,5 | 1,95 | 3794,2 | 7,5 | 3,38 | 6571,5 | 15 | 4,79 | 9293,5 |
| 3 | 2,14 | 4156,2 | 8 | 3,50 | 6787,0 | 16 | 4,94 | 9598,5 |
| 3,5 | 2,31 | 4489,3 | 8,5 | 3,60 | 6995,7 | 17 | 5,10 | 9893,7 |
| 4 | 2,47 | 4799,6 | 9 | 3,71 | 7199,1 | 18 | 5,25 | 10181,0 |
| 4,4 | 2,62 | 5090,3 | 9,5 | 3,81 | 7396,4 | 19 | 5,39 | 10460,0 |
| 5 | 2,76 | 5365,7 | 10 | 3,91 | 7588,4 | 20 | 5,53 | 10731,0 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}116$

## 1,40 × 2,10

$$\begin{cases} V = 40{,}949 \sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 2{,}25106 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,92 | 2061,1 |
| 1 | 1,29 | 2914,7 |
| 1,5 | 1,59 | 3570,1 |
| 2 | 1,83 | 4122,2 |
| 2,5 | 2,05 | 4608,9 |
| 3 | 2,24 | 5048,6 |
| 3,5 | 2,42 | 5453,3 |
| 4 | 2,59 | 5830,3 |
| 4,5 | 2,75 | 6183,3 |
| 5 | 2,90 | 6518,0 |
| 5,5 | 3,04 | 6836,0 |
| 6 | 3,17 | 7140,2 |
| 6,5 | 3,30 | 7431,4 |
| 7 | 3,43 | 7711,7 |
| 7,5 | 3,55 | 7982,7 |
| 8 | 3,66 | 8244,5 |
| 8,5 | 3,77 | 8498,0 |
| 9 | 3,88 | 8745,0 |
| 9,5 | 3,99 | 8984,7 |
| 10 | 4,09 | 9217,9 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}112$

## 1,50 × 2,25

$$\begin{cases} V = 43{,}010 \sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 2{,}58413 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 0,96 | 2485,2 |
| 1 | 1,36 | 3514,4 |
| 1,5 | 1,67 | 4304,6 |
| 2 | 1,92 | 4970,3 |
| 2,5 | 2,15 | 5557,2 |
| 3 | 2,36 | 6087,3 |
| 3,5 | 2,54 | 6575,3 |
| 4 | 2,72 | 7029,8 |
| 4,5 | 2,89 | 7455,5 |
| 5 | 3,04 | 7858,9 |
| 5,5 | 3,19 | 8242,4 |
| 6 | 3,33 | 8609,2 |
| 6,5 | 3,47 | 8960,4 |
| 7 | 3,60 | 9298,3 |
| 7,5 | 3,72 | 9624,9 |
| 8 | 3,85 | 9940,6 |
| 8,5 | 3,97 | 10246,0 |
| 9 | 4,08 | 10544,0 |
| 9,5 | 4,19 | 10833,0 |
| 10 | 4,30 | 11114,0 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}110$

## 1,60 × 2,40

$$\begin{cases} V = 44{,}990\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 2{,}94016 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,01 | 2957,7 |
| 1 | 1,42 | 4182,6 |
| 1,5 | 1,74 | 5123,1 |
| 2 | 2,01 | 5915,5 |
| 2,5 | 2,25 | 6613,9 |
| 3 | 2,46 | 7244,9 |
| 3,5 | 2,66 | 7825,6 |
| 4 | 2,85 | 8366,6 |
| 4,5 | 3,02 | 8873,2 |
| 5 | 3,18 | 9353,4 |
| 5,5 | 3,34 | 9810,0 |
| 6 | 3,48 | 10246,0 |
| 6,5 | 3,63 | 10664,0 |
| 7 | 3,76 | 11066,0 |
| 7,5 | 3,90 | 11455,0 |
| 8 | 4,02 | 11831,0 |
| 8,5 | 4,15 | 12195,0 |
| 9 | 4,27 | 12549,0 |
| 9,5 | 4,39 | 12893,0 |
| 10 | 4,50 | 13228,0 |

Coeficiente de conversão:
$\beta = 1{,}107$

## 1,70 × 2,55

$$\begin{cases} V = 46{,}796\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 3{,}31916 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,05 | 3473,0 |
| 1 | 1,48 | 4911,0 |
| 1,5 | 1,81 | 6016,0 |
| 2 | 2,09 | 6946,0 |
| 2,5 | 2,34 | 7766,0 |
| 3 | 2,56 | 8507,0 |
| 3,5 | 2,77 | 9189,0 |
| 4 | 2,96 | 9824,0 |
| 4,5 | 3,14 | 10419,0 |
| 5 | 3,31 | 10983,0 |
| 5,5 | 3,47 | 11519,0 |
| 6 | 3,62 | 12031,0 |
| 6,5 | 3,77 | 12522,0 |
| 7 | 3,91 | 12994,0 |
| 7,5 | 4,05 | 13451,0 |
| 8 | 4,18 | 13892,0 |
| 8,5 | 4,31 | 14319,0 |
| 9 | 4,44 | 14735,0 |
| 9,5 | 4,56 | 15139,0 |
| 10 | 4,68 | 15532,0 |

Coeficiente de conversão:
$\beta = 1{,}105$

## 1,80 × 2,70

$$\begin{cases} V = 48{,}720\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 3{,}72114 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,09 | 4054,0 |
| 1 | 1,54 | 5732,0 |
| 1,5 | 1,89 | 7021,0 |
| 2 | 2,18 | 8107,0 |
| 2,5 | 2,44 | 9065,0 |
| 3 | 2,67 | 9929,0 |
| 3,5 | 2,88 | 10725,0 |
| 4 | 3,08 | 11467,0 |
| 4,5 | 3,27 | 12161,0 |
| 5 | 3,44 | 12819,0 |
| 5,5 | 3,61 | 13445,0 |
| 6 | 3,77 | 14043,0 |
| 6,5 | 3,93 | 14616,0 |
| 7 | 4,07 | 15167,0 |
| 7,5 | 4,22 | 15700,0 |
| 8 | 4,36 | 16215,0 |
| 8,5 | 4,49 | 16713,0 |
| 9 | 4,62 | 17199,0 |
| 9,5 | 4,75 | 17671,0 |
| 10 | 4,87 | 18129,0 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}103$

## 1,90 × 2,85

$$\begin{cases} V = 50{,}385\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 4{,}14608 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,13 | 4682,0 |
| 1 | 1,59 | 6605,0 |
| 1,5 | 1,95 | 8091,0 |
| 2 | 2,25 | 9342,0 |
| 2,5 | 2,52 | 10445,0 |
| 3 | 2,76 | 11441,0 |
| 3,5 | 2,98 | 12358,0 |
| 4 | 3,19 | 13213,0 |
| 4,5 | 3,38 | 14013,0 |
| 5 | 3,56 | 14771,0 |
| 5,5 | 3,74 | 15492,0 |
| 6 | 3,90 | 16181,0 |
| 6,5 | 4,06 | 16841,0 |
| 7 | 4,21 | 17477,0 |
| 7,5 | 4,36 | 18091,0 |
| 8 | 4,51 | 18684,0 |
| 8,5 | 4,64 | 19258,0 |
| 9 | 4,78 | 19818,0 |
| 9,5 | 4,91 | 20361,0 |
| 10 | 5,04 | 20890,0 |

Coeficiente de conversão: $\beta = 1{,}101$

## 2,00 × 3,00

$$\begin{cases} V = 52{,}180\sqrt{i} & \text{m/seg.} \\ Q = 4{,}59400 \times V & \text{mc/seg.} \end{cases}$$

| Declives mm/m | Velocidades m/seg. | Caudais l/seg. |
|---|---|---|
| 0,5 | 1,17 | 5360,0 |
| 1 | 1,65 | 7580,0 |
| 1,5 | 2,02 | 9284,0 |
| 2 | 2,33 | 10720,0 |
| 2,5 | 2,61 | 11986,0 |
| 3 | 2,86 | 13129,0 |
| 3,5 | 3,09 | 14181,0 |
| 4 | 3,30 | 15162,0 |
| 4,5 | 3,50 | 16080,0 |
| 5 | 3,69 | 16950,0 |
| 5,5 | 3,87 | 17777,0 |
| 6 | 4,04 | 18568,0 |
| 6,5 | 4,21 | 19326,0 |
| 7 | 4,36 | 20055,0 |
| 7,5 | 4,52 | 20759,0 |
| 8 | 4,67 | 21440,0 |
| 8,5 | 4,81 | 22099,0 |
| 9 | 4,95 | 22742,0 |
| 9,5 | 5,08 | 23365,0 |
| 10 | 5,22 | 23971,0 |

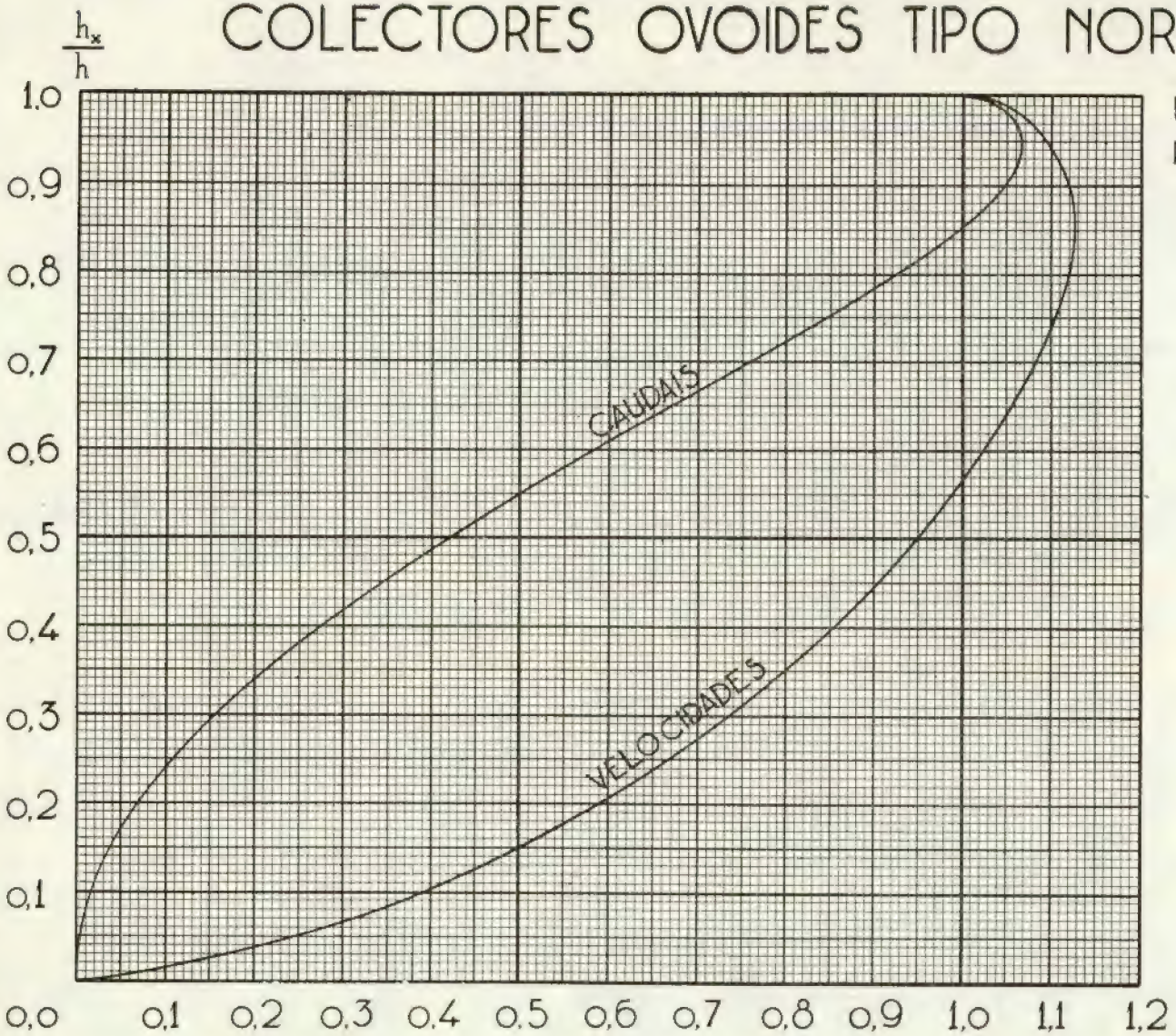
Coeficiente de conversão $\beta = 1{,}099$

## QUADRO III

Elementos de cálculo e condições de escoamento num colector ovoide normal de altura igual a $1^m,00$ ($0^m,66 \times 1^m,00$) para diferentes alturas da lâmina liquida, supondo o declive do trainel igual a 10 mm/m.

| Altura da lâmina líquida $\frac{h_x}{h} = z$ $\frac{h'_x}{h} = z'$ | Secção de vazão $\omega$ | Perímetro molhado $\chi$ | Raio médio hidráulico R | Valores determinados com b = 0,35 | | | | Valores determinados com b = 0,25 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Velocidade média de escoamento V | Caudal Q | $\frac{V_x}{V_h} = x$ | $\frac{Q_x}{Q_h} = x$ | Velocidade média de escoamento V' | Caudal Q' | $\frac{V'_x}{V'_h} = y'$ | $\frac{Q'_x}{Q'_h} = x'$ |
| | $m^2$ | m | m | m/seg | l/seg | | | m/seg | l/seg | | |
| 0,017 | 0,001666 | 0,150 | 0,011 | 0,242 | 0,403 | 0,099 | 0,00032 | 0,310 | 0,516 | 0,111 | 0,00036 |
| 0,033 | 0,004555 | 0,214 | 0,021 | 0,424 | 1,932 | 0,173 | 0,00155 | 0,532 | 2,421 | 0,190 | 0,00169 |
| 0,05 | 0,008221 | 0,265 | 0,031 | 0,589 | 4,845 | 0,241 | 0,00388 | 0,728 | 5,982 | 0,260 | 0,00418 |
| 0,067 | 0,012443 | 0,309 | 0,040 | 0,727 | 9,048 | 0,297 | 0,00725 | 0,889 | 11,059 | 0,317 | 0,00774 |
| 0,083 | 0,017109 | 0,352 | 0,049 | 0,858 | 14,681 | 0,351 | 0,01175 | 1,040 | 17,793 | 0,371 | 0,01245 |
| 0,10 | 0,021998 | 0,394 | 0,056 | 0,954 | 20,986 | 0,390 | 0,01681 | 1,150 | 25,293 | 0,411 | 0,0177 |
| 0,15 | 0,039774 | 0,516 | 0,077 | 1,228 | 48,845 | 0,502 | 0,03912 | 1,461 | 58,110 | 0,522 | 0,0406 |
| 0,20 | 0,059883 | 0,630 | 0,095 | 1,444 | 86,457 | 0,590 | 0,0693 | 1,703 | 101,951 | 0,608 | 0,0713 |
| 0,25 | 0,082881 | 0,739 | 0,112 | 1,635 | 135,513 | 0,668 | 0,108 | 1,901 | 157,540 | 0,679 | 0,110 |
| 0,30 | 0,108211 | 0,847 | 0,128 | 1,808 | 245,048 | 0,739 | 0,157 | 2,105 | 227,784 | 0,752 | 0,159 |
| 0,35 | 0,135542 | 0,952 | 0,142 | 1,953 | 264,745 | 0,798 | 0,212 | 2,265 | 306,962 | 0,809 | 0,215 |
| 0,40 | 0,164539 | 1,055 | 0,156 | 2,094 | 344,536 | 0,856 | 0,276 | 2,419 | 397,954 | 0,864 | 0,278 |
| 0,45 | 0,194869 | 1,158 | 0,168 | 2,210 | 430,758 | 0,903 | 0,345 | 2,545 | 495,942 | 0,909 | 0,347 |
| 0,50 | 0,226311 | 1,260 | 0,180 | 2,325 | 526,286 | 0,950 | 0,421 | 2,671 | 604,386 | 0,954 | 0,423 |
| 0,55 | 0,258530 | 1,361 | 0.190 | 2,417 | 624,944 | 0,988 | 0,500 | 2,770 | 716,025 | 0,989 | 0,501 |
| 0,60 | 0,291526 | 1,461 | 0,199 | 2,500 | 728,815 | 1,022 | 0,584 | 2,859 | 833,473 | 1,021 | 0,583 |
| 0,65 | 0,324745 | 1,561 | 0,208 | 2,581 | 838,037 | 1,055 | 0,671 | 2,946 | 956,699 | 1,052 | 0,969 |
| 0,70 | 0,358075 | 1,661 | 0,216 | 2,650 | 949,006 | 1,083 | 0,760 | 3,021 | 1081,709 | 1,079 | 0,757 |
| 0,75 | 0,390961 | 1,764 | 0,222 | 2,704 | 1057,158 | 1,105 | 0,847 | 3,079 | 1203,769 | 1,099 | 0,842 |
| 0,80 | 0,422291 | 1,868 | 0,226 | 2,739 | 1156,782 | 1,120 | 0,926 | 3,117 | 1316,281 | 1,113 | 0,921 |
| 0,85 | 0,451621 | 1,982 | 0,228 | 2,757 | 1245,074 | 1,127 | 0,997 | 3,136 | 1416,283 | 1,120 | 0,991 |
| 0,852 | 0,453955 | 1,993 | 0,228 | 2,757 | 1251,508 | 1,127 | 1,002 | 3,136 | 1423,603 | 1,120 | 0,996 |
| 0,90 | 0,477508 | 2,111 | 0,226 | 2,739 | 1308,038 | 1,120 | 1,048 | 3,117 | 1488,392 | 1,113 | 1,041 |
| 0,95 | 0,498506 | 2,271 | 0,219 | 2,677 | 1334,600 | 1,094 | 1,069 | 3,050 | 1520,443 | 1,089 | 1,063 |
| 0,952 | 0,502394 | 2,315 | 0,217 | 2,659 | 1336,016 | 1,087 | 1,070 | 3,031 | 1522,605 | 1,082 | 1,065 |
| 1,00 | 0,510393 | 2,640 | 0,193 | 2,446 | 1248,472 | 1,000 | 1,000 | 2,801 | 1429,611 | 1,000 | 1,000 |

# COLECTORES OVOIDES TIPO NORMAL 2/3




DIAGRAMAS CALCULADOS PELAS FÓRMULAS:

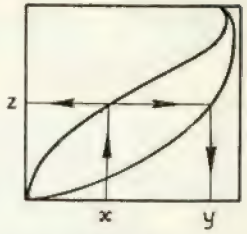
$$V = \frac{100 . R . \sqrt{i}}{0,35 + \sqrt{R}}$$

$$Q = \omega . V$$

$Q_x$ = Dado
$V_x$ = ?
$h_x$ = ?

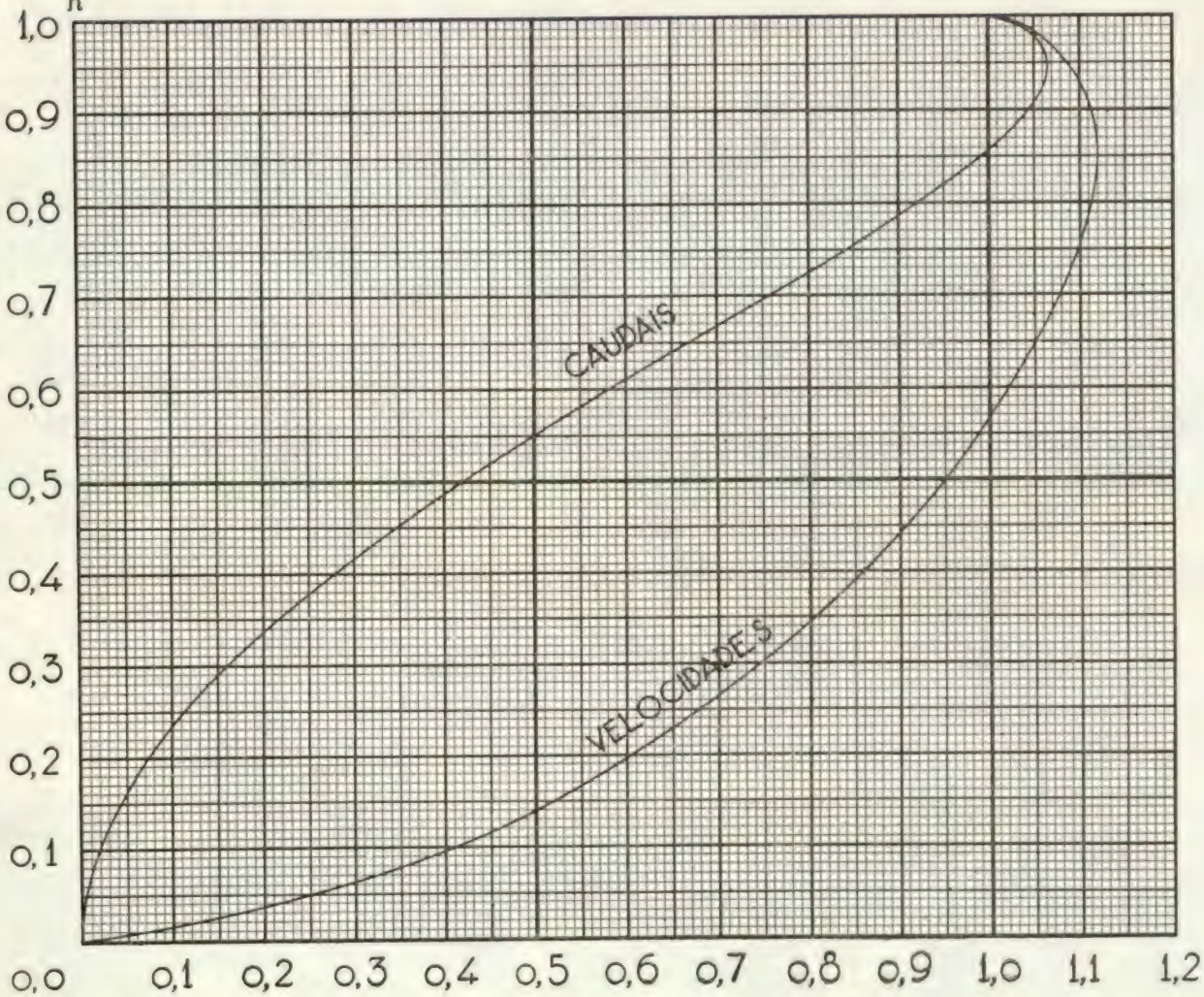
$Q_h$ = Tabelas
$V_h$ = "
$h$ = "

$$\frac{Q_x}{Q_h} = x$$




$$V_x = y . V_h$$
$$h_x = z . h$$

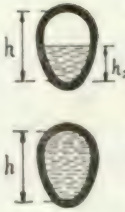
# COLECTORES OVOIDES TIPO NORMAL 2/3




DIAGRAMAS CALCULADOS PELAS FÓRMULAS:

$$V = \frac{100 . R . \sqrt{i}}{0{,}25 + \sqrt{R}}$$

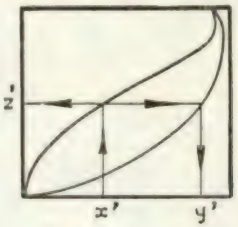
$$Q = \omega . V$$




$Q_x$ = Dado
$V'_x$ = ?
$h'_x$ = ?

$Q'_h = Q_h \times \beta$ Tabelas
$V'_h = V_h \times \beta$ "
$h'$ = "

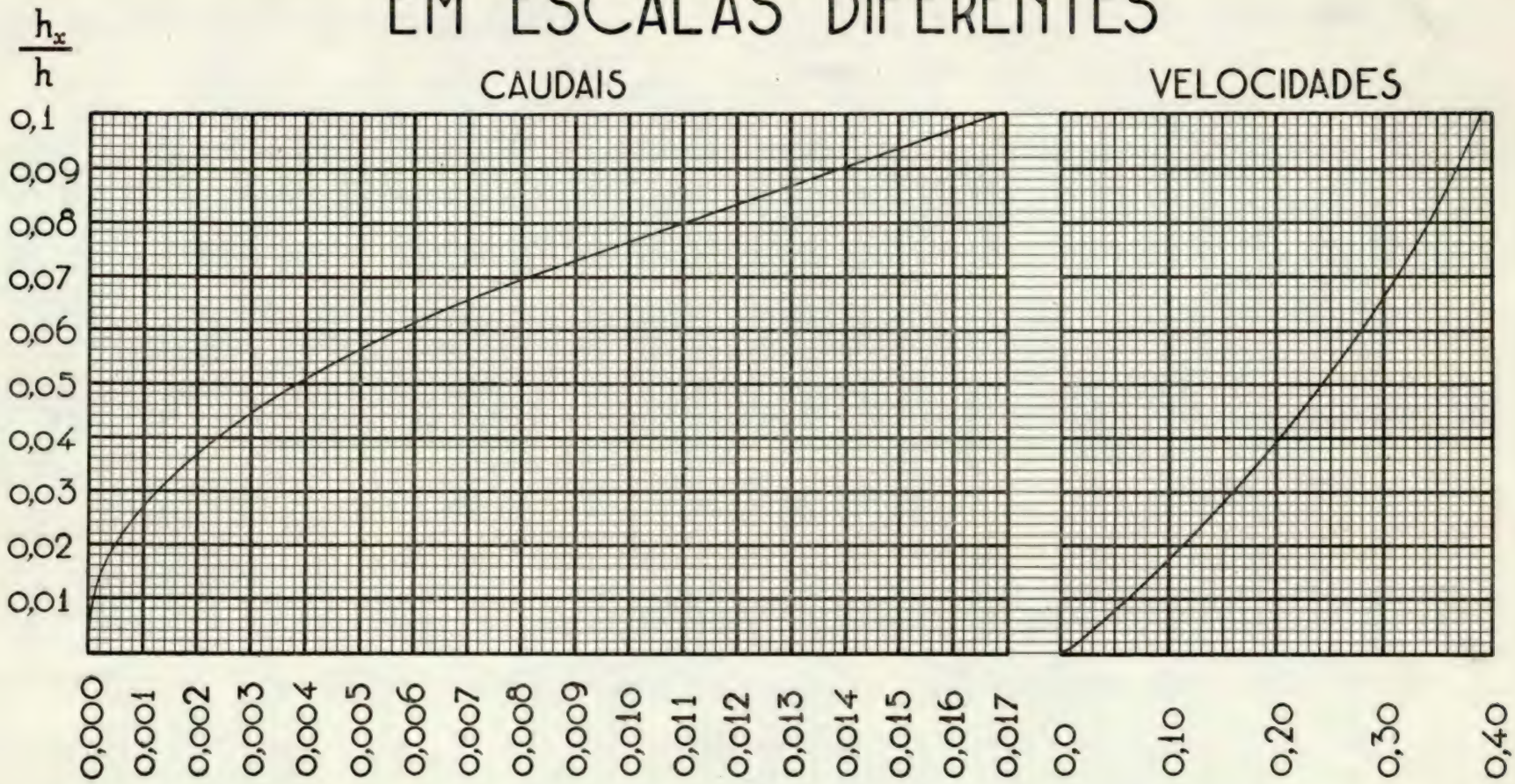
$$\frac{Q_x}{Q'_h} = x'$$




$V'_x = y' . V'_h = y' . V_h . \beta$
$h'_x = z' . h$

$$\frac{Q_x}{Q'_h} \cdot \frac{V'_x}{V'_h}$$

# AMPLIAÇÃO DA PARTE INFERIOR DOS DIAGRAMAS EM ESCALAS DIFERENTES




FÓRMULAS UTILIZADAS

$$V = \frac{100 . R . \sqrt{i}}{0,35 + \sqrt{R}}$$

$$Q = \omega . V$$

# Algumas considerações àcêrca do "Regulamento do Betão Armado" português (*)

PELO ENG.º CIVIL (U. P.) D. M. VIEIRA BARBOSA

## II

### Artigo 10.º (parág. *c*) e *d*)

O parágrafo *c*) do art.º 10.º do Regulamento do Betão Armado fixa como dosagem do betão normal a relação de 300 kg de cimento *para 400 l. de areia e 800 l. de pedra;* se não fôsse o art.º 7.º dêsse mesmo Regulamento onde se aponta, de fugida, que a pedra deverá ter «dimensões variáveis tais que juntamente com a areia dê a maior compacidade ao betão» nada haveria, nas nossas prescrições oficiais correntes, que lembrasse o problema da granulometria.

De resto estas normas assim estabelecidas criam situações paradoxais; por exemplo: pode deduzir-se que um betão de 300/400/800, com a resistência específica fixada no parágrafo *d*) dêste art.º 10.º satisfará à *boa técnica*.

Ora um estudo granulométrico cuidado mostraria que em muitos casos essa dosagem poderia ser péssima visto que, como observa Probst, o betão só será *bom* quando tôdas as características que o definem e que intervêm na sua função de resistência — no sentido mais lato do termo — se encontram satisfeitas; pode com aquela dosagem e com aquela resistência não ter a compacidade ou a impermeabilidade necessárias para que a sua deterioração — senão mesmo a sua destruïção — seja impedida.

Num reservatório, por exemplo, a garantia que nos possam dar *só* pelas dosagens e pelas cargas de rotura elevadas é tanto mais insuficiente quanto é certo que grandes dosagens implicam grandes retrações (fendilhação conseqüente) e a capacidade do trabalho do betão à tracção não se evidencia por aquela resistência específica de 180 kg/cm²; em obras marítimas *só* as condições *dosagem* e *resistência* não chegariam, também, para preparar um betão aceitável; — etc.

Dir-se-á que nesse parágrafo *c*) se permitem outras dosagens; de acôrdo, mas quási que a título excepcional e mantendo aquela quantidade fixa de 300 kg de cimento como se tal bastasse para estabelecer um grau admissível de segurança; ora muitas vezes, e em face dos materiais inertes disponíveis, uma dosagem de 300/400/800 pode ser muito pior do que outra de $300/X_a/X_b$ ou mesmo do que uma de $250/Y_a/Y_b$, por exemplo.

Estamos, com efeito, já muito longe do tempo em que nos podíamos contentar com dosagens sumárias, empíricas e vagas; torna-se agora necessário fazer um estudo científico de tudo quanto se ligue com êste problema (1).

E tanto é assim que, hoje em dia, mesmo nos pequenos estaleiros se *verifica mais* o betão através da sua densidade do que através da sua própria resistência: naturalmente que, dêste modo, está controlada, embora indirectamente, a granulometria do material inerte empregado (2); por outro lado, e seja o estaleiro de pequena ou de grande impor-

(*) Ver «Técnica» n.º 114, de Novembro de 1940.

(1) Georges Debès — «Maçonneries, Béton, Béton Armé», — 1939.

(2) J. Bolomey — «Simplification des essais de controle de la qualité des bétons sur les petits chantiers» — Le Constructeur de ciment armé — n.º 194 — 1935.

tância, a fiscalização inside particularmente no conhecimento do factor $\frac{C}{Ag}$ e, dêste modo, quer o empreiteiro quer a entidade que o fiscaliza *sabem* (!) no próprio momento do fabrico ou da aplicação do betão se êste se encontra em estado de garantir, ao fim de *n* dias, as cargas de rotura que se consideraram como necessárias.

Seria impertinência ridícula da minha parte o pretender mostrar a importância fundamental da granulometria no estudo dos betões, muito mais nestas *Observações* que destino a um meio puramente técnico; todos sabemos que as reacções à aplicação criteriosa dos seus ensinamentos se não vão encontrar entre Engenheiros (o que seria inconcebível, dados os seus conhecimentos) mas sim entre certos empreiteiros ou mestres de obras teimosos e incultos (o que é lógico, dada a sua ignorância).

Tôdas as fórmulas de previsão de resistência, sejam de Feret, de Abrams, de Graf ou de Bolomey, traduzem a função

$$R_n = \varphi\left(\frac{C}{A_g}, \Delta\right)$$

quere dizer: estabelecem que essa resistência, ao fim de *n* dias, é directamente proporcional à percentagem de cimento e à densidade do betão considerado a qual é, por sua vez, uma função da sua compacidade, ou seja da sua maior ou menor porosidade.

Naturalmente que a composição granulométrica, o grau de apêrto e a consistência dêsse betão, se ligam directamente ao valor de $R_n$; porém, como diz Bolomey ([3]), todos estes factores influem no valor de $A_g$ e na sua compacidade, isto é: naquele valor de $\Delta$.

O modo e a duração do endurecimento bem como a qualidade do ligante intervêm na referida função através da constante *k* de proporcionalidade.

Afinal tudo se resume nas duas leis basilares de Feret:

1.ª) A resistência é proporcional à dosagem da pasta ligante;

2.ª) A resistência será tanto maior quanto mais pequeno fôr o número de vazios existentes no betão.

Pode dizer-se, quási de um modo geral, que o aumento da compacidade dum betão acompanha a melhoria de tôdas as suas qualidades apreciáveis e que a sua deminuïção acarreta, por seu lado, o agravamento das suas características perniciosas.

A alta compacidade dum betão liga-se, directamente, ao seu melhor aproveitamento económico visto que num betão compacto o volume de pasta ligante será igual ao número de vazios do material inerte; por outro lado aparece como factor essencial a comandar o seu comportamento elástico ([4]). O betão não segue senão imperfeitamente, a lei de Hooke; as suas deformações resultando da cooperação de dois componentes — a rocha inerte e o cimento, serão menores num betão denso, onde a rocha ocupará o maior volume: deve-se pois procurar as misturas de areia e de godo ou de brita que sejam as mais compactas.

Por outras palavras: o betão é um corpo heterogéneo não sòmente por ser constituído por pasta ligante e por material inerte mas ainda porque êste é *mais* ou *menos* irregularmente repartido na sua massa e porque a própria pasta ligante não tem a mesma relação $\frac{C}{A_g}$.

E esta heterogeneidade será tanto mais pronunciada quanto o betão tiver uma consistência mais fluída e quanto a granulometria (compacidade) deixe mais a desejar ([5]).

A máxima compacidade é essencial num betão para lhe criar regras de cálculo e leis devidamente definidas; só impondo-se aquela se pode pensar em prever as cargas de rotura, com erros que chegam a ser inferiores a 10 %.

Sem ela não se relacionariam por expres-

([3]) J. Bolomey — «Granulation et prévision de la resistance problable des bétons» — Travaux — n.º 30, 1935, — Tecnique des Travaux — n.º 6, 1939

([4]) Adrien Paris — «Cours de Béton Armé» — 1936.

([5]) J. Bolomey — «Module d'élasticité du béton» — Bulletin Technique de la Suisse Romande, n.ºs 17 e 18, 1939.

sões logarítmicas as suas características mecânicas relativas aos diversos períodos de endurecimento ([6]), como se não estabeleceriam funções ligando as suas características elásticas com aquelas outras que referi; a compacidade foi condição necessária para alargar, ainda mais, o campo dos cálculos de peças betonadas bem como o dos conhecimentos das suas propriedades elásticas ([7]).

Esta compacidade realiza-se, por um lado, com um estudo granulométrico perfeito e por outro utilizando os mais modernos processos de aplicação (vibração, per-vibração e centrifugação).

Vê-se assim quanto é escassa a essência do artigo 7.º do Regulamento actual e como se impõe que novas prescrições Regulamentares cubram tão perigosa lacuna.

Mas continuemos; surge, dêste modo, o problema do estudo granulométrico o qual consiste em encontrar um material inerte oferecendo o menor número de vazios que poderão ser completamente cheios com um volume mínimo de pasta ligante. *É a condição da compacidade.*

Mas porque o betão preparado com êste material inerte deve apresentar facilidades de aplicação sem tendências às segregações ou à formação de «nids de gravier» torna-se necessário que o betão seja suficientemente plástico. *É a condição de aplicação* ([8]).

O problema é de tal modo vasto e importante que se compreende a razão da existência das mais variáveis fórmulas traduzindo as mais variadas teorias; se estes seguem a granulação contínua de Fuller e de Bolomey, aqueles aceitam como racionais os feixes das curvas descontínuas de Faury, e se uns tendem para a erradamente chamada escola dos contrastes de Feret, já outros optam pelas dosagens práticas de Machéeff.

Não é assim possível estabelecer ou aceitar uma *única granulometria* tanto mais quanto é certo que dentro da mesma escola ela pode variar com diversas circunstâncias; de igual modo se não pode pensar em estabelecer um tipo único de betão visto não existir uma fórmula única da sua composição óptima que fôsse aplicável a tôdas as escalas da granulometria e que fôsse independente do destino do betão e das condições de trabalho da aplicação particular a cada tipo de estaleiro ([9]).

Na Engenharia corrente é tão grande a variedade dos betões como a variedade das obras a que se destinam; umas vezes querem-se altas resistências, outras deseja-se grande impermeabilidade, noutras ainda, como no revestimento das estradas, devem imperar qualidades apreciáveis de boa resistência ao choque, à compressão e ao desgaste, bem como de estanquicidade e de rugosidade anti-derrapante.

O betão que se aplica em obras marítimas difere completamente daquele que se destina a hangars, por exemplo, e o betão que se aplica em abrigos contra ataques aéreos não pode ser igual ao que se destina às barragens ou aos muros de suporte. Nestas, por exemplo, o betão da face montante deverá ser resistente e estanque, mas já na de jusante se pretenderá um betão resistente, sim, mas algo poroso e, então, esta porosidade deverá aumentar na sua região central, onde a resistência pode cair para valores mais baixos.

Parece por tudo isto bem lógico que os empreiteiros se obriguem a aceitar da fiscalização a imposição das dosagens, tanto mais que até em casos semelhantes de aplicação o betão pode ter de ser diferente: nos revestimentos importantes duma auto-estrada e das pistas de descolagem num aero-pôrto.

Em ambos estes casos, tão idênticos na aparência, se impõe a estanquicidade mas se no primeiro, por exemplo, se requere uma resistência notável ao desgaste já no

---

([6]) J. Bolomey — «Recueil de Travaux» — Université de Lausane, 1937.

([7]) E. Volterra — «La theorie mathematique de l'elasticité et les bétons» — Congresso de Zurique de 1931.

([8]) J. Bolomey — Obra citada na chamada (3).

([9]) Faury — «Études entreprises sur la plasticité de mise en oeuvre du béton, en construction de béton armé» — Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics — n.º 4 — 1937.

segundo esta condição pode ser muito atenuada dado que as travagens se efectuam pela hélice.

E esta disparidade é suficiente para que se considerem duas granulometrias bem diferentes.

Por outro lado, principalmente na aplicação dos betões ao Betão Armado, o campo de «betões óptimos», quere dizer, daqueles que conjugam do modo mais perfeito as suas características mecânicas e de aplicação é particularmente restrito ([10]).

E isto leva a pensar que se não pode deixar, também, em muitos casos uma arbitrariedade absoluta na escolha do material inerte, a-fim-de impedir deficientes aplicações dos nossos óptimos cimentos; impõe-se estabelecer limites para a granulometria do material inerte marcando, com linhas extremas de crivagem, zonas de utilização.

Naturalmente que as restrições assim criadas devem ser suficientemente elásticas para permitir em geral o emprêgo dos *materiais naturais* — passe o termo — adicionados ou não doutro componente para os aproximarmos das curvas tipos, adição essa que deverá ser possível, na maior parte dos casos, sem despesas exageradas ([11]).

Quere dizer: julgo que novas prescrições deveriam:

1.º) obrigar que em obras de importância só os engenheiros (e só estes!) pudessem escolher qual a granulometria aplicável a cada caso, estabelecendo a dosagem mais apropriada e fixando, inclusivamente, o modo de aplicação do betão;

2.º não permitir, dum modo geral e salvo excepções devidamente justificadas que tendessem à melhoria dos resultados finais, que as dosagens de ligante descessem abaixo dum mínimo ou passassem acima dum máximo; idêntica prescrição se estabeleceria de modo a impedir que a curva granulométrica característica do material inerte utilizado, saísse fora duma determinada zona.

*E, em qualquer circunstância, a fiscalização seria rìgidamente implacável a êste respeito.*

Justifiquemos, separadamente, estas duas proposições.

*1.ª proposição*

Certos Regulamentos estabelecem que a granulação do material inerte deve corresponder, tanto quanto possível, a determinadas curvas granulométricas; as normas suíças de 1935, por exemplo, apontam como composição granulométrica mais recomendável as correspondentes às curvas representativas das seguintes equações

$$P' = A + (100 - A)\sqrt{\frac{d}{D}}$$

$$P'' = 50\left(\frac{d}{D} + \sqrt{\frac{d}{D}}\right)$$

A primeira é a conhecida fórmula de Bolomey, incluindo naquele valor de P' a percentagem em pêso do ligante; a segunda, sem considerar êste, refere-se ao material inerte *só* e traduz a fórmula da EMPA (Lab. Federal de Ensaios de Materiais—Zurique).

Depreende-se da redacção dessas normas, a que não é estranho o nome do Eng.º Rös, que essa granulação teórica não exclue a possibilidade de se adoptar outra devidamente justificada, naturalmente.

As últimas instruções espanholas para a execução de obras de betão armado ([12]) preconizam, por seu lado, a equação de Fuller

$$P = 100\sqrt{\frac{d}{D}}$$

mas fazem-no a título recomendativo; quere dizer que nestas instruções, notáveis pela sua novidade e pelo arrôjo da sua concepção, se admite a possibilidade de adoptar outra qualquer escola granulométrica.

---

([10]) Horace Lardeur — «Note sur la maniabilité et la compacité des bétons de matériaux roulés» — Annales de l'Institut Technique du Batiment et des travaux Publics — n.º 4, 1937.

([11]) Henry Caminave — «Les prescriptions officiels et réglements pour les construciion en béton armé» — Travaux, n.º 36, 1935.

([12]) Instrucción para el proyecto y ejecución de obras de hormigon — 1939.

E porque a estas normas se liga o nome do Eng.º Peña Boeuf julgo a primeira proposição devidamente justificada, dada à categoria ilustre dos dois técnicos valiosos que citei; quero, porém, juntar a esta razão justificativa mais algumas considerações que me parecem interessantes.

As fórmulas de Fuller-Bolomey devem ser, julgo eu, aquelas que maior número de adeptos têm, pelo menos na Europa; aplicações sem conta, prescrições regulamentares, citações em livros e revistas técnicas, espalharam-nas por tôda a parte num ambiente de sucesso insofismável: poderia assim parecer, à primeira vista, que por êsse mesmo sucesso e por aquela generalização, as fórmulas referidas se poderiam impor como uma directriz indiscutível.

Assim seria, de facto, se não houvesse técnicos notáveis a defender outros critérios e a apresentar outras fórmulas; não me quero referir às curvas granulométricas de Faury dada a ligação que apresentam, a-pesar-de tudo, com as conhecidíssimas curvas de Bolomey, embora, como diz Caquot, lhe introduzam modificações importantes: referir-me-ei antes a escolas totalmente antagónicas, senão na sua essência-base pelo menos nos critérios postos de partida.

Veja-se, para exemplo, a tese defendida pelo Eng.º A. Hummel [13]: segundo êste técnico o valor das curvas ideais de granulometria tipo Fuller é incontestável na investigação científica e nos Laboratórios; porém desde que se saia dêstes campos para o de aplicação prática, isto é, para o estaleiro, os betões preparados segundo elas estarão longe de ser *betões ideais*.

Considera, sim, que essas curvas contínuas não representam senão uma parte relativamente pequena das boas composições granulométricas possíveis e demonstra à custa de ensaios notáveis que certos betões de granulometria definida por curvas muito afastadas das de Fuller-Bolomey, de Abrams ou de Graf, com igualdade de fluidez e de percentagem de ligante, se caracterizam por resistências superiores às correspondentes aos de granulometria ideal.

Por muitas razões preconiza o módulo de finura como *único* factor prático capaz de caracterizar um material inerte, e aceita a correcção dêsse material pela aplicação da regra das misturas [14].

O facto de grande número de técnicos não quererem aceitar esta tese pela razão de que a um mesmo módulo de finura (uma área, na representação gráfica) corresponde uma infinidade de curvas granulométricas das quais *uma só é melhor do que tôdas* [15], não chega para repudiar esta escola, devida a Abrams; esta *razão* condenativa é mais inconsistente que real pois, como observa Bolomey, dois materiais inertes da mesma natureza e do mesmo módulo de finura são equivalentes *sob a reserva expressa de que correspondem a betões plásticos e compactos.*

De resto bastaria citar os processos práticos seguidos pelos norte-americanos e até pelos brasileiros [16] para se ver como a orientação de Duff A. Abrams tem inspirado grande número dos métodos de dosagens partindo da concepção do módulo de finura; de igual princípio partiu o Eng.º Anton Brebera [17] para redigir as «Directrizes provisórias para a confecção do betão» que o Ministério dos Trabalhos Públicos da Tcheco-Eslováquia aprovou em devido tempo.

Outros, como L. Vandeperre [18], consideram *ùnicamente* de interêsse os diâmetros máximos *d* e *D* dos elementos finos e grossos,

---

(13) A. Hummel — «Die Auswertung von Siebanalysen und der Abrams'sche Feinheitsmodul» — Congresso Internacional do Betão e do Betão Armado — Liège, 1930.

(14) G. Magnel — «Pratique du Cálcul du Béton Armé» — Livro V.

(15) A. Janousek — «Contrôle et amélioration de la composition granulométrique du sable, du gravier et des galets fluviaux utilisés pour la confection du béton» — Congresso citado de Liége, 1930.

(16) Ary F. Tôrres — «Dosagem dos Concretos», 1936.

(17) A. Brebera — «Zusammensetzung des Betongemisches mit Hilfe des Feinheitsmoduls und des Wasserzementsfaktors», Congresso citado de Liège, 1930.

(18) L. Vandeperre — «Le dosage et la préstimation des bétons. Le durcissement des ciments», Congresso citado de Liège, 1930.

e apresentam ábacos e monogramas permitindo encontrar directamente a composição dum betão que utilize um determinado cimento e que satisfaça a determinadas condições de resistência; por outro lado começam a tomar incremento os métodos de dosagem preconizados por Saliger [19] em que se procura *precisamente* encher os vazios existentes nos materiais inertes que compõem as argamassas ou os betões.

Naturalmente que desaparecerá assim, em muitos casos, a fixação prévia da percentagem de ligante, antes se procurará encontrar aquela que *é estritamente necessária* para os vazios existentes no material inerte cuja baridade deverá ser tão elevada quanto possível.

Vê-se, por estas razões, não poder um Regulamento criterioso fixar ou impor uma fórmula granulométrica pois que muitas opiniões contrárias poderiam surgir e baseadas em nomes ilustres de técnicos especializados: apontar uma fórmula a título indicativo (Reg. espanhol) parece-me indispensável, porque um Regulamento não é um formulário nem se destina *a ensinar* como se trabalha.

Se quem o redigir entender que qualquer escola supera tôdas as outras — e entre nós a de mais razoável aplicação é, sem dúvida, a de Bolomey — *fixe* então as fórmulas que se passarão a considerar obrigatórias; deixe-se porém, e pelas razões apontadas, que os engenheiros possam, mediante justificação concreta, seguir outras directrizes granulométricas que em certos casos se imponham por razões especiais.

E assim, embora fixando normas severas, não contribuiria o Regulamento, através dessa mesma severidade, para um êrro técnico a que a legislação obrigasse e que, portanto, cobrisse.

### 2.ª *proposição*

A necessidade de delimitar uma zona fora da qual a curva granulométrica relativa ao material inerte empregado *não poderá sair,* justifica-se pela sua própria natureza; compreende-se que as duas condições *resistência* e *plasticidade* intervenham na escolha dessa zona que é, como quem diz, na marcação das curvas limites.

O limite inferior aparece a marcar um betão *ainda* fácil de aplicar e o superior tem por efeito *limitar* as quedas possíveis de resistência; por outras palavras: uma composição tipo fixada não poderia ser seguida, dum modo preciso, em cada caso particular — é necessário admitir «afastamentos» e as curvas de composição limites dão precisamente os «afastamentos» admissíveis. [20]

Não temos entre nós — julgo eu — ensaios sistemáticos que permitam marcar êsses limites com um certo grau de originalidade; por outro lado não há inconveniente em adoptar «zonas de permissão» semelhantes às que no Estrangeiro se consideram: e isto porque pela própria natureza do assunto os erros cometidos — se se cometem — não podem ter importância de vulto.

Faço, porém, uma ressalva: nunca se deixe justificar o emprêgo dum material inerte num betão vibrado, por exemplo, pelo facto de que a sua curva granulométrica se encontra na zona considerada; de igual modo nunca se proïba que — devidamente justificado, claro — se utilize com o mesmo fim um material inerte cuja curva granulométrica esteja *abaixo* do limite inferior fixado.

A razão desta ressalva é simples: pela natureza das curvas limites habituais e pelo número de anos que elas contam, duma maneira geral, nos Regulamentos estrangeiros, não me parecem estar totalmente de acôrdo com os modernos processos de aplicação do betão.

É um problema a tratar mais tarde e que os nossos Laboratórios poderiam focar; o seu desconhecimento não acarreta, porém, um «perigo especial» visto que *ninguém* iria aplicar um material inerte em betões vibrados ou centrifugados sem um estudo minu-

---

[19] R. Saliger — «El Hormigon Armado», 1940.

[20] H. Imberechts — «La composition granulométrique idéale des bétons», Congresso citado de Liège, 1940.

cioso do maior cuidado, tanto mais quanto é certo que estes modernos processos de aplicação levantam problemas extraordinàriamente complexos que se não podem encarar de ânimo leve([21]).

Continuando; as normas alemãs são àquêle respeito mais completas que as francesas e, talvez, de maior tolerância, pelo menos no que respeita aos betões de fraca resistência.

O Regulamento alemão apresenta as suas curvas limites para o diâmetro máximo $D = 30^{mm}$ e esta «restrição aparente» pode levar a confusões por se não distinguir, verdadeiramente, as prescrições granulométricas no seu aspecto geral; não se pode, com efeito, admitir que o valor $30^{mm}$ seja sempre o do diâmetro máximo utilizado: se o betão a empregar fôr, por exemplo, para grandes macissos em que os seus elementos inertes atinjam dimensões elevadas (70, 80 ou mesmo $100^{mm}$) ou se se destinar a enchimento entre armaduras muito apertadas, como em vigas fortemente armadas, em tirantes ou em cúpulas ou abóbadas em laje delgada (20, 15 ou mesmo $10^{mm}$), os diâmetros máximos considerados terão de ser completamente diferentes daquêles $30^{mm}$ que referi.

Parece assim muito mais lógico estabelecer curvas granulométricas limites *não para um diâmetro máximo determinado* mas sim para um *diâmetro máximo qualquer D;* de igual modo nessas curvas limites se não distinguirá areia da pedra (que já de si a pode conter nas mais variadas percentagens) mas sim se considerará o *material inerte final* que vai entrar na composição.

As curvas granulométricas da areia, a marcarem-se, nada terão de ver com as daquela outra areia que, possìvelmente, tenha de ser misturada com o godo ou com a brita para colocar a curva granulométrica final da mistura — digamos assim — dentro da zona permitida.

É o caso daquelas normas espanholas que citei e que dizem: «em todos os casos a curva de composição granulométrica do material inerte tem de ficar incluída dentro da zona limitada pelas curvas limites da fig. 1».

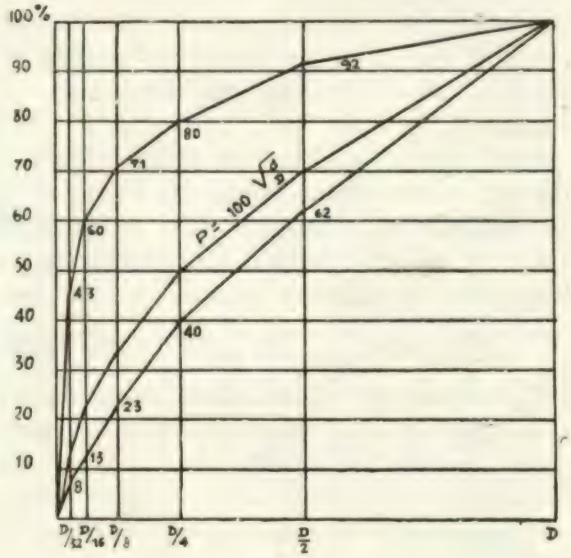



Fig. 1

Fácil é ver que estas curvas limites foram pràticamente decalcadas das do Regulamento alemão — fig. 2 —; nas prescrições espanholas aparece a curva correspondente

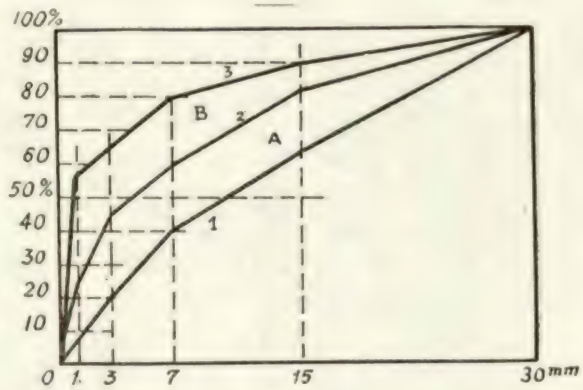



Fig. 2

aos valores $100\sqrt{\frac{d}{1)}}$ que nas alemãs se não cita.

Por outro lado aparece naquele as curvas (2) e (3) distinguindo duas zonas distintas entre as curvas limites (1) e (3) — (A): a zona dos melhores materiais inertes entre as

([21]) R. L'Hermite e P. Mariani — «Contribution à l'étude de la vibration du béton», Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, n.º 1, 1936.

curvas (1) e (2) das quais a das $100\sqrt{\frac{d}{D}}$ é, pràticamente, uma curva de posição média e, por isso mesmo, de representação dispensável e, talvez, imprópria; (B): a zona dos materiais inertes entre as curvas (2) e (3), considerados como permitindo *ainda* a aplicação a betões de muito menor importância quanto à resistência (Brauchbar — utilizável).

Estas curvas limites das prescrições alemãs são, assim, mais completas e porque na sua representação gráfica não intervém a razão da escala (dada a sua própria natureza), bastará substituir nelas os $30^{mm}$ por D), os $15^{mm}$ por $\frac{D}{2}$, etc. para se delimitarem as zonas de utilização na sua máxima generalidade: dêste modo se organiza o gráfico da fig. 3 e que é extensivo a qualquer diâmetro.

Propositadamente aparecem destacados os valores de $\frac{1}{10}$ e de $\frac{2}{3}$ de $D_{max}$, por serem estes os que limitam os elementos finos e grossos, respectivamente; bem entendido que não era possível nesta representação gráfica, estabelecida para «contrôle» das dosagens mais correntes e para betões a que se não exijam características especiais — nunca será demais repeti-lo! — evidenciar as zonas correspondentes aos elementos ultra-finos; estes, como se sabe, referem-se aos de diâmetro inferior a $0{,}5^{mm}$ e mesmo $0{,}2^{mm}$.

Porque estes elementos são chamados a intervir *principalmente* em betões de especial plasticidade ou de características essenciais de impermeabilidade, não é indispensável focar o seu teor numa representação como a do gráfico *3* que deve, como já disse, representar ùnicamente uma prescrição de «salvaguarda»; estas características focadas, por muito especializadas já, obrigam o técnico a um estudo granulométrico cuidado que se considera na *1.ª proposição.*

Em resumo, pode dizer-se que um material inerte destinado a entrar na composição dum betão, teria de ter — salvo excepções *muito bem* justificadas — a sua curva granulométrica nas zonas (A) ou (B) — fig. 3 — mas que esta condição apresentando-se como

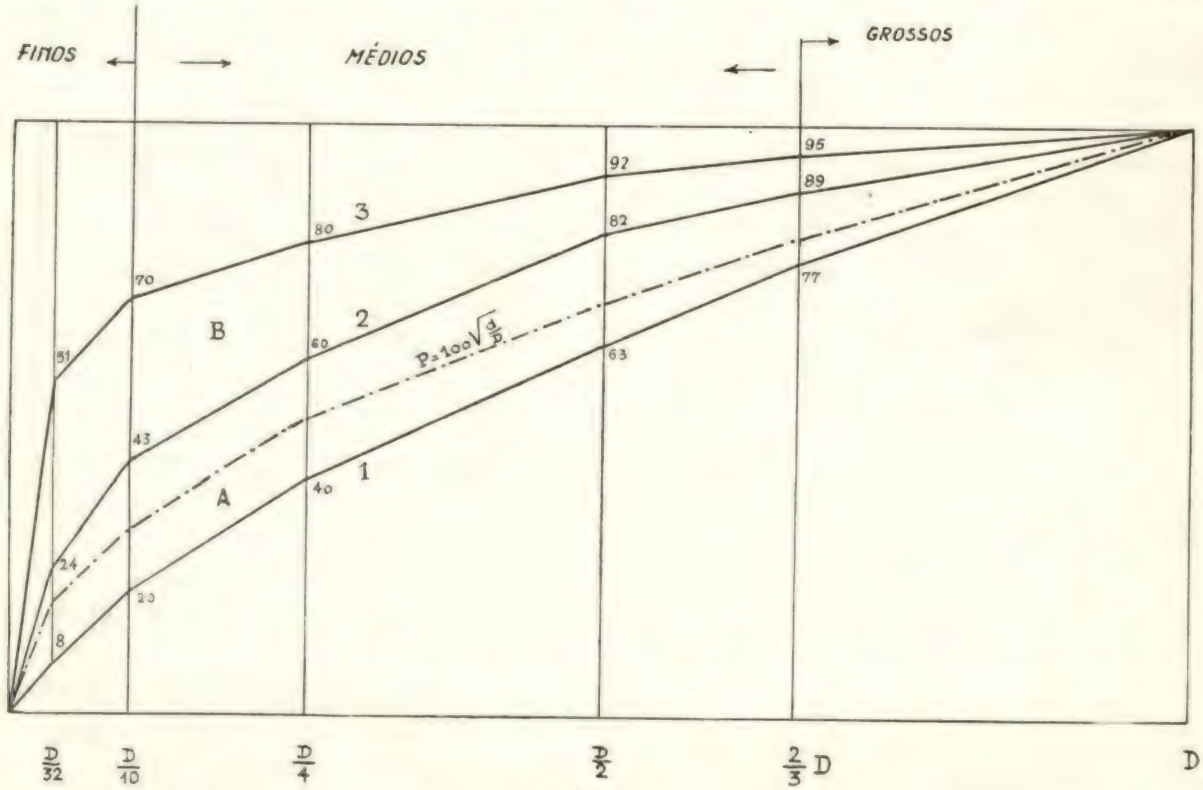



Fig. 3

# *Baile de despedida*

*O dêste ano realiza-se*
*a 31 de Maio próximo.*

INFORMA:
Telefone: 49144
Linha 50

necessária não chega para ser suficiente, muito principalmente em obras de relativa importância.

E ainda mesmo para as obras mais correntes, haverá a atender a que a zona (A) restringe a aplicação do betão ao «Betão Armado»; quere dizer que o betão correspondente à zona (B) não servirá senão para obras em que a importância da «resistência» ou das suas qualidades intrínsecas seja de pequena importância.

*Uma observação final.*

Não podemos esquecer que é vulgar o critério, para certas obras especializadas, que desde que o betão preparado satisfaça às características que especialmente interessam, poderá a fiscalização desinteressar-se do seu preparo granulométrico; sendo assim, e para êsses casos particulares, asduas proposições feitas poderiam ser excepcionalmente omitidas: e isto seria um caso a focar em novas prescrições regulamentares. Lembro o conselho, cheio de saber, do Prof. Bolemey, de que nunca aceitasse um betão para obras importantes *só* pelas características mecânicas e físicas que pudesse apresentar dias depois do seu fabrico, isto é: desconhecendo, por princípio ou por desinterêsse, qual a composição granulométrica que lhe dizia respeito.

Tomemos, porém, um exemplo concreto para melhor justificação da não razão daquele critério: betões destinados a obras marítimas, por exemplo; de-facto parece que para muitos — e julgo-o em face do modo como têm organizados os seus estaleiros — desde que para estes betões (compostos segundo dosagens de ligante fixadas e com proporções determinadas de areia e brita fixadas também duma vez para sempre) indiquem os Laboratórios ao fim de *n* dias boas condições de resistência e de impermeabilidade, tudo estará bem e nada mais haverá a exigir ou a temer.

Não sobrariam razões, creio eu, em base científica aceitável e dentro das mais modernas teorias de betonagem para defender tal princípio; porque o exemplo escolhido respeita a um campo especializado, justo é que os autores em que quero estribar as minhas objecções sejam especializados, também.

E a dificuldade está ùnicamente em escolhê-los, dada a quantidade quási inúmera de estudos feitos sôbre êste caso, em vista da acção perniciosa que a água do mar química e fìsicamente exerce sôbre os betões que com ela contactam; essa acção era tão de temer que no Congresso de Navegação de S. Petersburgo (1908) se concluíra «não se dever tolerar o emprêgo do betão armado em obras marítimas directamente expostas à água do mar e onde a solidez tenha um papel dominante».

A técnica foi progredindo, como é natural, e se já em 1912, no Congresso de Filadélfia, se admitia a possibilidade do seu emprêgo mediante determinadas cautelas, vem o Congresso de Veneza, em 1931, estabelecer normas claras e científicas para resolver criteriosamente o problema.

Mesmo os que não quisessem sair fora dos livros de carácter geral relativos a obras marítimas, encontrariam nêles a imposição da análise granulométrica *como factor essencial* dum betão bem feito; Benezit ([22]), por exemplo, afirma que «a granulometria deve ser, nestes casos, particularmente vigiada» e que «as argamassas são decompostas tanto mais lentamente quanto são mais compactas e quanto mais elevado é o índice de hidraulicidade do ligante».

Joly e Laroche ([23]) preceituam que «a permeabilidade e a porosidade devem ser reduzidas tanto quanto possível e aceitam que êste princípio basilar se liga directamente às areias empregadas»; por sua vez Levy-Salvador e Louis Prudhom ([24]) apontam que «a desagregação dos betões pela água do mar provém quási que exclusivamente da das argamassas que nêles entram, visto que os outros materiais empregados se podem considerar inatacáveis e sem acção sôbre êles: ora nestas há três elementos, que são a *areia*, a *água* e o *ligante* e natural-

([22]) Benezit — «Cours de Ports et Travaux Maritimes».

([23]) Joly e Laroche — «Travaux Maritimes — La Mer et les Cotes» — 1932.

([24]) Levy-Salvador e Louis Prudhom — «Travaux Maritimes» — 1930.

mente que essa areia não intervém só pela sua composição química mas também pela sua composição granulométrica».

E acrescentam que «esta composição granulométrica tem, como se sabe, uma grande influência sôbre a compacidade das argamassas e, portanto, sôbre a sua impermeabilidade e conservação».

E não basta que ensaios Laboratoriais, referentes a cubos de 20×20×20, venham dizer que o betão preparado se apresenta em boas condições de impermeabilidade; bastava atender a que o betão nos cubos de ensaio e nos blocos de grandes dimensões a que possìvelmente se destine se encontra em estado completamente diferente: não só o modo de conservação pode ter influído nesse resultado, como também o «efeito das paredes», tão bem estudado por Caquot, e os diferentes valores da retracção e das variações de temperatura devidas à prêsa actuarão de modo totalmente diverso.

Só a granulometria pode ajudar a garantir, com certeza, através da maior compacidade, uma resistência sensível aos ataques pela água do mar: e disse *ajudar a garantir* visto que o aspecto químico do problema é importantíssimo e não caberia esquecê-lo se, nestas observações, não pretendesse simplesmente focar o aspecto físico da questão.

Justifico a primeira frase dêste último período com uma observação interessantíssima de De Cordemoy ([25]) datando quási que do princípio do século (!): «Há diferença entre permeabilidade e porosidade, e só a boa granulometria pode, em certa escala, impedir ambas».

Mas dir-se-á que nestas obras citadas, por muito gerais, o problema dos betões destinados a obras marítimas foi tratado «pela rama», sem se focarem verdadeiramente dados práticos que a técnica corrente de todos os dias pudesse aceitar — e preceituar mesmo — e que justificassem *excepções;* a razão apontada seria inconsistente mas, se dúvidas restassem, bastava ver o que a tal respeito se diz nos Congressos de Navegação a que se não pode negar o aspecto da especialidade nos problemas tratados.

([25]) De Cordemoy — «Ports Maritimes» — 1907.

Do Congresso de Veneza, em 1931, destaca-se imediatamente o Relatório geral do Eng.º Pietro Periani relativo à segunda Comunicação — «Aplicação do betão e do betão armado nas obras interessando a navegação marítima. Conservação destas obras no mar»; nela se diz que a «intensidade e a rapidez da deterioração do betão pela água do mar são influenciadas ainda

*a*) pelo seu grau de compacidade

*b*) pela quantidade de cal livre no cimento ou libertado durante a prêsa e o endurecimento.

É preciso, pois, fiscalizar muito atentamente a composição granulométrica e a dosagem com o fim de obter o máximo da compacidade que se possa pràticamente realizar no estaleiro».

Da discussão dêste notável Relatório surgiram afirmações interessantíssimas das quais pretende destacar três:

1.ª) a do Eng.º Nicolas Gédye, que referindo-se a muitas obras, na Inglaterra, expostas à acção da água do mar, se apresentam *sãs* e *sãs* continuam a manter-se sob reserva de que o betão é compacto e impermeável;

2.ª) a do Eng.º Joseph Mallagh, que considera indispensável, para evitar deteriorações conseqüentes, tomar medidas especiais destinadas a garantir ao betão uma boa compacidade;

3.ª) a do Eng.º Giulio Revere, técnico notabilíssimo, que entende que «se trata hoje de melhorar (para os fins em vista) as qualidades do cimento, não como se fazia até agora procurando uma grande resistência mecânica, tal como se pede na Construção das Pontes ou dos Edifícios, mas uma grande resistência à acção agressiva da água do mar.

E esta resistência é de ordem química e de ordem física; está nisto um ponto muito importante que algumas vezes se esquece e que pode conduzir a más interpretações dos fenómenos da destruïção das argamassas.

A resistência química destas depende sòmente da qualidade do cimento empregado, enquanto que a resistência física depende da compacidade dos materiais, quere dizer: do estudo mais ou menos cuidado das areias e dos godos».

Não se poderá omitir um importante relato, o n.º 94, dêsse mesmo Congresso, assinado pelos Eng.os Gaye e Agatz e que resume o que, sôbre o caso focado, se pensa na Alemanha; nêle se afirma que «para os trabalhos marítimos é preciso admitir como postulado que o próprio betão deve poder resistir aos agentes de destruïção químicos e físicos: quanto mais as solicitações se aproximam das cargas máximas admissíveis tanto mais preciso será cuidar da escolha dos materiais componentes do esqueleto do betão: dimensão máxima, pureza, composição granulométrica».

Segundo êles «o querer aumentar a compacidade do betão por outros meios diferentes dos duma granulometria judiciosa, é correr à frente duma prática custosa e ilusória».

Algumas experiências comprovativas desta maneira de encarar o problema encontram-se referidas no Anuário da Associação Técnica dos Portos, do ano 1937 ([26]), a págs. 56 e 110, sob o título «Ataques dos materiais de construção, deteriorações constatadas nas obras em betão e medidas preventivas aplicadas».

A Alemanha fixou mesmo normas especiais relativas às qualidades dos betões empregados no mar ([27]) e entre nós não deixaram de se formular também, e com fôrça de lei — 20 de Fevereiro de 1932 —, regras para as «dosagens a empregar na confecção dos betões e argamassas sujeitos à acção de águas salinas, segundo parecer do Conselho Superior de Obras Públicas, de 20 de Novembro de 1931»: embora elas sejam insuficientes, talvez, à luz dos conhecimentos de hoje (o que é natural) não deixavam como letra morta a imposição da compacidade *à custa da granulometria*.

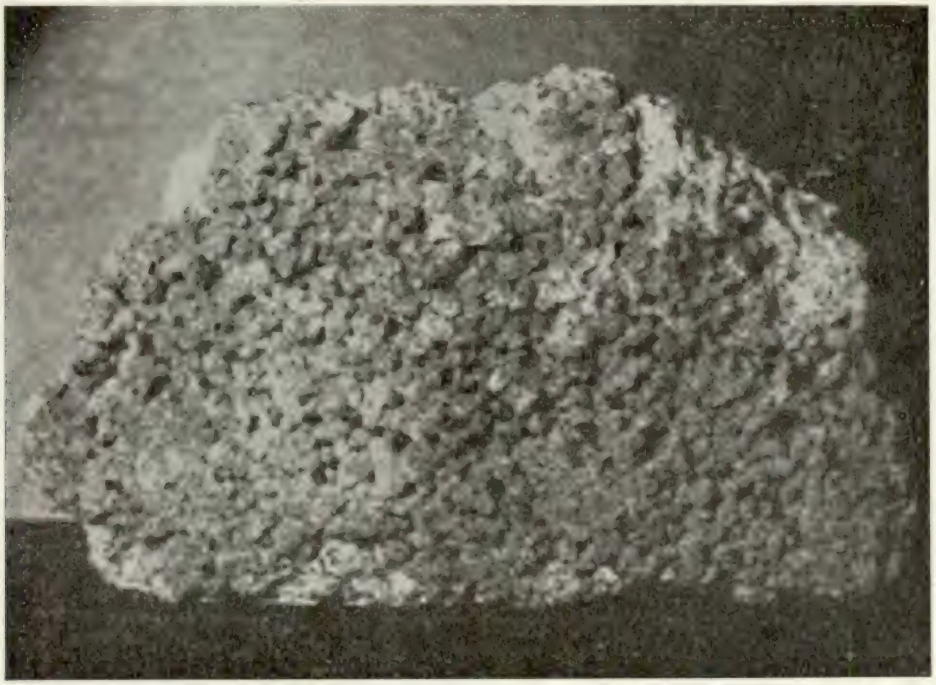


Fig. 4

Tudo isto prova, julgo eu, sem possibilidades de sofismas, que a granulometria se *impõe sempre* nos betões destinados a obras marítimas e que mesmo consideradas satisfeitas tôdas as outras condições impostas

([26]) Jahrbuch der Hafenbautechnisechen Gesellschaft — tomo 16 (1937), Berlim, 1938.

([27]) «Richtlinien über Ausführung von Betonbauten im Meerwasser», Berlim, 1931.

basta não ter atendido *aquela* para que o betão ou a argamassa preparada tenha de ser considerada *imprópria*.

E senão, veja-se como o Dr. Hans Kühl tratou êste problema no Congresso de Materiais de Construção de Londres, em 1937: entre os quinze meios de que se dispõe, segundo êle, para atenuar ou mesmo impedir a decomposição química dos betões pela água do mar, apresenta como primeiro a «granulometria do material inerte efectuada com cuidado».

sua «teoria termodinâmica das deformações dos cimentos»: *um meio líquido sendo, sob o ponto de vista focado, equivalente a uma atmosfera saturada, vê-se que uma argamassa pode perfeitamente desidratar-se debaixo de água se a sua temperatura passa acima da desta e se a sua compacidade não é suficiente.*

Objectar-se-á que conhecida a granulometria da areia não interessará o conhecimento perfeito da brita visto que a mistura

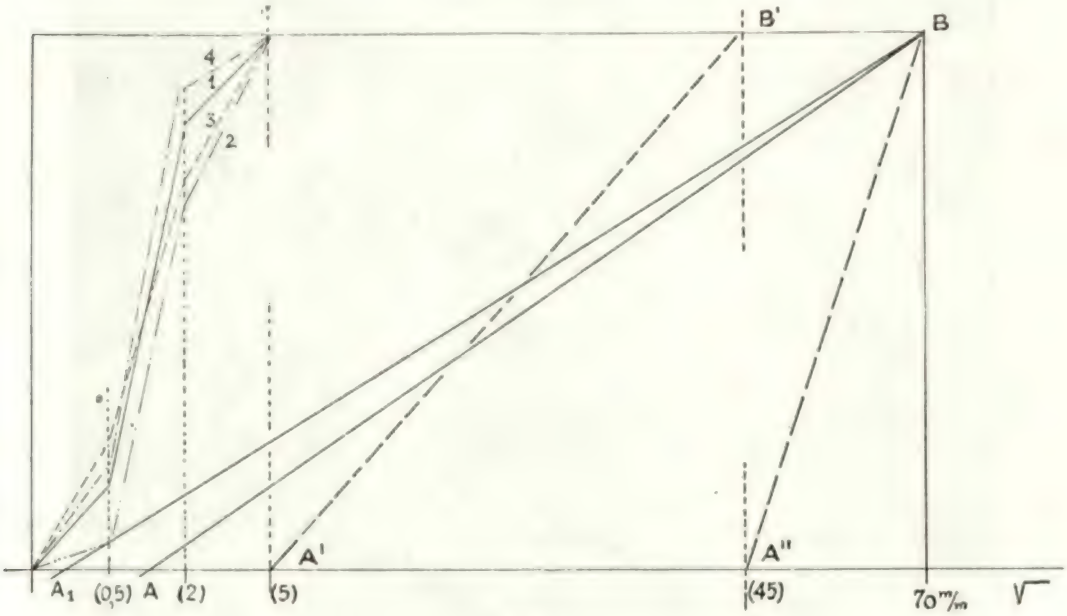



Fig. 5

A não ser assim preparam-se argamassas e, portanto, betões que pela acção da água do mar podem ficar no estado da fig. 4; deve-se concluir, com Lang e Frost ([28]) que «a desagregação dos betões, neste caso, depende numa forte medida da incapacidade e da negligência daquêles que executaram o trabalho».

A falta de compacidade pode mesmo levar a conseqüências desastrosas e irremediáveis em betões submersos; di-lo Freyssinet ([29]) na

final na preparação de $\frac{2}{3}$ desta para $\frac{1}{3}$ daquela (como o Reg. actual fixa) colocará o material em boas condições de aplicação.

É fácil demonstrar que assim não é mas nada melhor do que tomar um exemplo concreto onde se possa trabalhar com números: seja êle constituído pelos dados referentes ao betão preparado no Pôrto de Leixões nos dias 24 de Fevereiro e 8, 15 e 28 de Março do ano que passou: chamar-lhe-emos, respectivamente, n$^{os}$ 1, 2, 3 e 4.

Na fig. 5 encontram-se as granulometrias das respectivas areias; quanto à brita sabe-se só que era proveniente das pedreiras de Esposade e que tinha por dimensões máxi-

([28]) Congresso Internacional de Navegação — Bruxelas, 1935 — Relato n.º 82.

([29]) Freyssinet — «Une Revolution dans les Techniques du Béton», 1939.

mas $70^{mm}$; o betão destinava-se aos blocos de 90 t. para o quebra mar.

Em face das dosagens indicadas (300, 400, 800) fácil foi traçar, por processos simplificados ([30]), a recta $\overline{AB}$ representativa do material inerte ideal para uma boa compacidade (Bolomey); as areias, como se vê, apresentam-se a constituir 100 % de elementos finos em relação ao diâmetro máximo $D = 70^{mm}$.

No caso de admitir, como seria lógico $A = 10$, a recta considerada passaria para $\overline{A_1 B}$; vamos admitir, à falta de melhores indicações, que a brita tem uma composição possível compreendida entre 100 % de elementos grossos (B A'') e 100 % de elementos médios (B A'): nunca se poderia passar além daquele limite e não me parece fácil descer abaixo dêste.

Na representação de Feret (fig. 6) os pontos B e B' representam, respectivamente, as

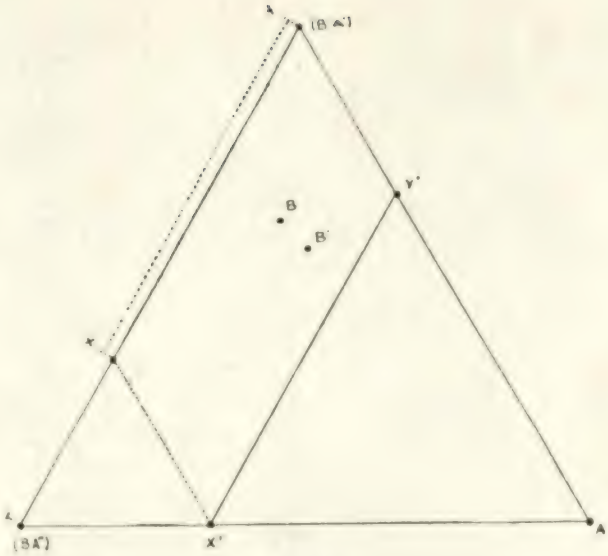



Fig. 6

esquerdo do triângulo, representa as variações das possíveis e desconhecidas granulometrias da brita que se empregou, fácil é

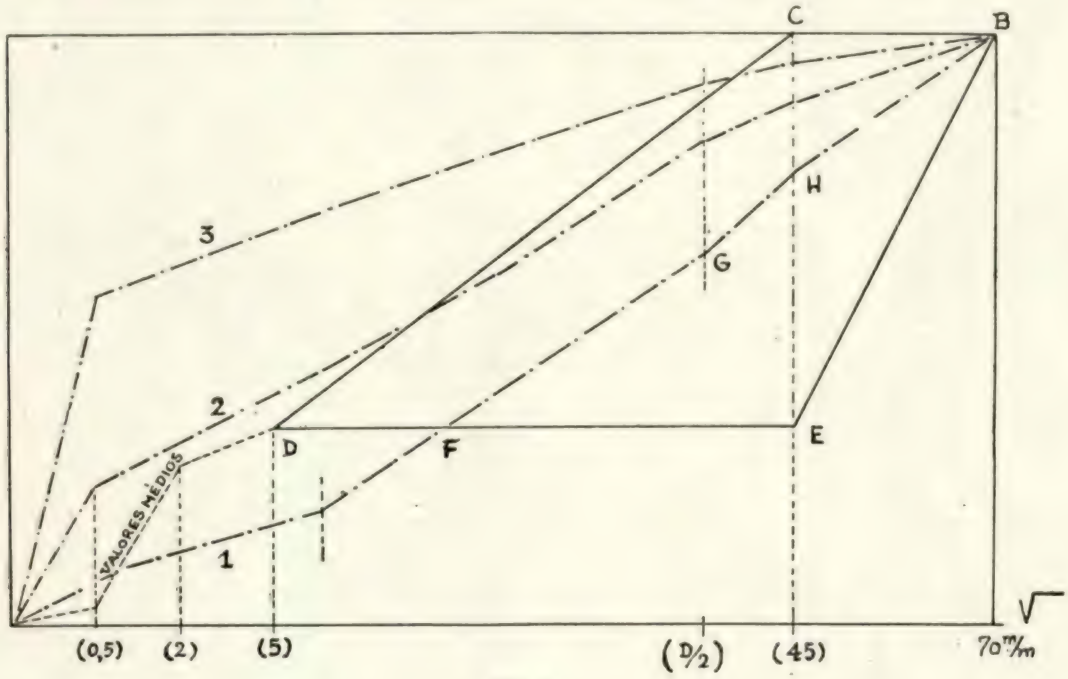



Fig. 7

misturas ideais de Bolomey com $A = 0$ e $A = 10$, o vértice A representa a areia empregada e o segmento $\overline{TY}$, marcando o lado

ver que as misturas possíveis, nas proporções de $\frac{2}{3}$ de brita para $\frac{1}{3}$ de areia, estão sôbre a recta X' Y' contendo pontos afastadíssimos dos B e B'.

Sendo assim vê-se, na fig. 7, que a zona

([30]) Revista da Faculdade de Engenharia (U. P.) n.os 2 e 3, de 1939 e 1940, respectivamente.

possível de misturas que se possam ter realizado está limitada pela area B C D E; as linhas tracejadas indicam os limites *1, 2* e *3* que se propuseram na 3.ª figura destas observações: tôda a zona B E F G H estaria considerada como proïbitiva, tanto mais quanto é certo que o betão não sofreu tratamentos vibratórios.

Quere dizer; *pode ser* que se tenha preparado um mau betão embora os resultados, quanto às suas cargas de rotura por compressão se apresentem satisfatórios, e se não fôsse a certeza, que evidentemente pode haver, de que num estaleiro tão importante jámais se consentiria tal precalço aceitar-se-ia *que de facto assim era:* com efeito nos betões citada, mantendo-se constantemente a relação do factor cimento — água igual a 2 seria de estranhar a disparidade nos abaixamentos do Cone de Abrams que passavam de $2^{cm},5$ a $13^{cm}$.

Isto indicaria ausência absoluta de relações existentes entre a composição dêsses betões e a sua fluidez; por outro lado era precisamente o mais fluído aquele que apresentar maiores possibilidades de resistência o que, dada a constância da dosagem, mostrava graves irregularidades para possíveis relações entre as variáveis em jôgo.

Se em vez de betões destinados a obras marítimas fôsse buscar exemplos a outros que a outras obras importantes se destinassem, a conclusão a tirar seria idêntica, isto é: nunca se poderia dispensar um estudo granulométrico cuidado.

Dêste modo serviu êste exemplo, à sorte, para justificar a observação final referente ao artigo 10.º que procurei estudar.

# VIDA ESCOLAR E ASSOCIATIVA

## Resumo do Relatório da Direcção da Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico nos anos lectivos 1938-39 e 1939-40

Por necessidade de reduzir, para maior facilidade da sua publicação, o relatório apresentado com data de 18 de Novembro de 1940, relativo aos anos lectivos 1938-39 e 1939-40, de que foi entregue uma cópia ao Ex.mo Senhor Director do Instituto, a Direcção da Associação apresenta um resumo do que foi a sua acção nesses dois anos.

A Direcção teve como princípio orientador da sua acção, o tornar a Associação uma entidade com personalidade bastante, e reconhecida como tal, para representar todos os alunos do Instituto em tôdas as suas relações com o exterior e na vida escolar; e pelas suas actividades associativas tornar a Associação factor de aperfeiçoamento profissional e de cultura geral, social e física de todos os seus associados.

Se bem que estes desejos sejam porventura os de todos e não só de agora, na maneira de lhes dar satisfação, no equilíbrio das suas relativas importâncias, podem diferir as acções daqueles que têm de os satisfazer e também os resultados que com estas se procuram obter.

Procurou assim a Direcção simplificar, organizando melhor, as preocupações da administração, que muitas vezes ocuparam, quási só por si, as actividades de tôda a Direcção, tornar as instalações da Associação, vastas sem dúvida, mas quási inutilizáveis por carecerem da aparelhagem e mobiliário respectivo, aptas a delas se tirar o rendimento que as justificaram e além disto, cumulativamente, organizar novos serviços, orientar de maneira diversa outros, e levar a sua acção a todos os sectores, conforme aquela sua finalidade.

No campo de melhoramentos nas instalações e compra de mobiliário e material desportivo havia muito que fazer. E uma vez feito o inventário de tudo o que seria indispensável e conseguida a colaboração de S. Ex.a o Senhor Director do Instituto, começaram a aparecer algumas realizações embora sempre condicionadas pelas circunstâncias. E assim, beneficiaram-se os campos de jogos, construíu-se a vedação e outros complementos para o campo de patinagem, completou-se a iluminação eléctrica e introduziram-se outras beneficiações na piscina, construíram-se ou adquiriram-se alguns aparelhos dos mais urgentes para o ginásio, completou-se o apetrechamento dos lavabos e vestiários, tanto interiores como exteriores, construíu-se uma carreira de tiro reduzido, improvisou-se uma «sala de armas», instalaram-se alguns aparelhos para a prática do box, construíram-se as cabines para arrecadação de apetrechos desportivos dos sócios, etc., etc., e finalmente, devido à preciosa vontade de dois associados, construíu-se o primeiro dos dois projectados campos de ténis exteriores.

E além disto, presos sempre pelas fracas possibilidades financeiras da Associação, comprou-se algum material para todos os desportos que se praticaram, como bolas diversas, um grande número de pares de patins, «sticks» para «hokey», aparelhos para a prática de esgrima, box e atletismo, uma arma para tiro reduzido, equipes para diversos fins, tabuleiros de xadrez, etc., etc., e com a ajuda da Direcção do Instituto, uma mesa de bilhar para o salão de jogos.

Na parte administrativa, uma das maiores preocupações da Direcção, foi tentar conseguir a cotização anual única e obrigatória para todos os alunos do Instituto. As vantagens desta medida e até a sua justificação são fáceis de avaliar, não merecendo por isso, anotá-las neste relatório. Porém tôdas as tentativas feitas para êste fim, junto do Ex.mo Senhor Director do Instituto e até mesmo ainda em Setembro de 1938 junto de S. Ex.a o Senhor Director Geral do Ensino Técnico, foram improdutivas, porque não havia disposição legal que tal autorizasse.

Para simplificar e facilitar no entanto o serviço de secretaria e ainda por princípio de economia, decidiu-se no ano lectivo 1939-40 fazer pelo correio a cobrança das cotas que era feita nos domicílios, e assim se conseguiu realmente uma maior regularidade nestes serviços e no apuramento das receitas.

Manteve a Direcção como princípio, não permitir a livre utilização das instalações da Associação por indivíduos não sócios.

No entanto esta utilização era autorizada, em número restrito, a convidados dos sócios da Associação, sempre condicionada a um pedido prévio.

Uma excepção se abriu a êste princípio para com a «Mocidade Portuguesa», cujos fins e natureza de «Organização Nacional» por si só a justificam.

Esta concessão estava sujeita a um subsídio e desta colaboração resultou ainda poderem-se reünir numa só, em 1939-40, as classes de ginástica do Centro-Escolar da M. P. e a da Associação, ficando o encargo do respectivo instrutor dividido pelos dois interessados, do que proveio uma economia para ambos.

Em 1939-40 criou-se a «Secção de papelaria» para venda dêstes artigos, e pelo êxito da experiência, parece poder-se ampliar esta secção para a venda de todos os artigos de interêsse didático.

Fez-se ainda neste ano, a experiência de abertura

da Associação à noite e aos domingos, mas pelo fraco movimento observado sobretudo à noite, manteve-se só esta medida para os domingos de manhã.

Estendeu-se em 1939-40 aos alunos do Instituto que se provasse que não podiam com êsse encargo, a isenção do pagamento de cotas feita, até aqui, apenas aos alunos isentos do pagamento de propinas. Para uns e outros no entanto suspendeu a Direcção o fornecimento gratuíto da «Técnica», passando no entanto êste encargo, a pedido da Direcção, para a revista, que para estas vendas faria um preço apenas simbólico.

É também de referir o interêsse que a categoria de «sócios antigos alunos» está a tomar, cabendo mencionar os casos em que tem sido solicitado por alguns dos já tão numerosos sócios antigos alunos, a colaboração da Associação para colocação de novos engenheiros. O «Grupo Desportivo» teve a actividade que as circunstâncias e as instalações permitiram.

No desejo de orientar as práticas desportivas para a verdadeira finalidade que se lhes deve atribuir, como benéfica para o aperfeiçoamento físico e para a formação dos carácteres, pretendeu a Direcção, em 1938-39, que os sócios da Associação não pudessem representar nenhuma outra associação desportiva, para que se pudessem assim estabelecer as bases do Desporto Universitário, exemplo do que deveria ser o verdadeiro desporto. Esta medida provocou alguma reacção e assim se reconheceu vantajosa para o fim em vista uma solução intermédia, que não deverá ser definitiva, pela qual aquela proïbição só se verificaria para os sócios que representassem a Associação e só na modalidade em que o fizessem.

Manteve a Associação a funcionar uma escola de ginástica e instrução de atletismo e além desta, em 1939-40, uma classe de esgrima.

E além de tôda a intensa actividade nos campos de jogos, na piscina, na patinagem, na carreira de tiro, etc., concorremos a muitas competições, algumas das quais organizámos, não só entre as escolas superiores como com outras entidades, em natação, tiro, volley-ball, hockey em patins, ténis, xadrez, ping-pong, basket-ball, foot-ball, hand-ball, etc., etc., merecendo destacar-se o facto de em 1938-39 termos conquistado o título de campeão de Lisboa em volley-ball e a 1.ª classificação na II Divisão do compeonato de Lisboa em ping-pong, e obtido êxitos notáveis em torneios de xadrez.

Em 1939-40 as actividades desportivas mantiveram-se com o desenvolvimento do ano anterior, tendo mantido as posições conquistadas em anteriores torneios.

Neste ano entrámos ainda num torneio entre as escolas da Universidade Técnica e concorremos nos II Jogos Desportivos Universitários onde, como representantes da U. T. L. conquistámos a primeiro classificação em volley-ball, saltos em altura, além de outros bons resultados.

Em 1939-40 organizou-se uma excursão a Évora, onde nos defrontámos com equipes locais de estudantes em ténis e volley-ball.

São já conhecidas as razões porque em 1938-39 abandonámos os I Jogos Desportivos Universitários, pelo motivo da inscrição dos nossos jogadores, não se justificando portanto repeti-las aqui.

Cabe também aqui mencionar a satisfação com que verificámos o bom entendimento existente com tôdas as Escolas Superiores de Lisboa, merecendo uma referência especial o Instituto Superior de Agronomia e a Escola do Exército, com a qual mantínhamos ainda relações mais estreitas.

O Departamento Aeronáutico prosseguiu também no cumprimento dos seus objectivos e além de promover conferências, baptismos de vôos e visitas, e de estabelecer laboratórios e oficinas para a construção de aviões miniaturas e estudo de diversas questões relacionadas com a aviação, conseguiu para os nossos associados e por acôrdo com a «Mocidade Portuguesa» e com uma Escola civil de pilotagem, facilidades para a obtenção dos diversos «brevets».

A acção cultural da Associação foi centralizada na «Secção cultural», organizada em Fevereiro de 1940 para se ocupar do desenvolvimento e aperfeiçoamento cultural dos seus associados.

E assim dentro dos meios de que se propõe servir para tal, como sejam conferências, reüniões de estudo, sessões culturais cinematográficas, estabelecimento de cursos de línguas estrangeiras, propaganda colonial, etc., etc., promoveu já em 1940 algumas conferências — salientando-se entre estas a leitura e comentários, feita pelo Sr. Eng. Joaquim José Salgado, da conferência lida em 9 de Fevereiro do mesmo ano em Paris, pelo seu autor o Eng. Bacqueyrisse, sôbre «A Arte de Comandar» — e sessões cinematográficas sôbre assuntos técnicos, começou a organizar a biblioteca sôbre assuntos coloniais e por acôrdo com o Instituto Britânico em Portugal criou um curso de língua inglêsa, à semelhança do que já existia da língua alemã.

Cumpre também destacar o facto de se terem realizado algumas conferências por alunos do Instituto em algumas escolas Superiores de Lisboa e a convite das respectivas Associações de Estudantes.

A Direcção teve sempre o maior interêsse para com a «Técnica», manifestado pela manutenção da compra obrigatória da revista por todos os sócios e pelo aumento, em 1938-39, do preço por que ela é paga pela Associação para êsse fim, pois o lugar que a revista ocupa, entre as diversas revistas da especialidade não só nacionais mas estrangeiras, merece de todos os alunos e antigos alunos do Instituto o maior apoio para que continue a ser entre elas, como o tem sido, o índice revelador do trabalho na nossa Escola, tanto dos alunos como do ensino.

A Associação prestou, sempre que solicitada, a sua colaboração à «Secção Fotográfica dos alunos do I. S. T.» reconhecendo o interêsse da iniciativa, embora se tratasse, por motivos alheios à nossa vontade, de um organismo estranho à Associação. Haverá todo o interêsse em que esta «Secção» se integre na Associação pois nada há de vantajoso na existência de esforços dispersos.

No desempenho do seu papel na vida Escolar, procurou a Direcção defender o interêsse dos alunos, em tôdas as emergências e situações, merecendo referência, entre outras, a acção por ela desenvolvida na marcação dos exames e das férias de «ponto».

A Direcção desenvolveu também, no caso da tão falada repetição de manifestações das também já tão antigas ambições das Faculdades de Ciências, sobretudo a de Lisboa, para com o «Técnico», a acção que o assunto requeria, nunca perdendo o contacto com o Ex.mo Senhor Director do Instituto para acompanhar a marcha da questão, tendo dirigido no momento oportuno, a S. Ex.as os Senhores Presidente do Conselho e Ministro da Educação Nacional e em nome de todos os alunos do Instituto a representação que já é do conhecimento de todos.

As contas da administração nos dois anos a que se refere o relatório, vão indicadas no quadro junto e da observação e comparação dos seus números se pode concluir do desenvolvimento que teve a vida associativa, merecendo atenção especial nas Receitas, os subsídios do Ministério da Educação Nacional, da Mocidade Portuguesa, da Direcção do Instituto (em 1937-39) destinada à compra do bilhar e em 1939-40 o da comissão do «Baile dos Novos Engenheiros».

## 1938-1939

| RECEITA | | | DESPESA | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Saldo do ano anterior* | | | *Pessoal* | | |
| Valor de 5 acções da C. A. M. P. | 500$00 | | Vencimentos e gratificações . . | | 8.455$50 |
| Dinheiro em Caixa . . . . . | 1.832$60 | 2.832$60 | *Jogos* . . . . . | | 9.369$65 |
| *Cotas e Joias* . . . . . | | 22.316$80 | *Grupo Desportivo* . . . . . | | 5.783$35 |
| *Jogos* . . . . . | | 6.202$60 | *Departamento aeronáutico* . . . . | | 530$00 |
| *Receitas Gerais* | | | *Secção fotográfica* . . . . . | | 500$00 |
| Subsídio do Ministério da Educação Nacional . . . . . | 675$00 | | *«Técnica»* . . . . . | | 6.047$00 |
| Da Mocidade Portuguesa . . . | 900$00 | | *Gastos gerais* . . . . . | | 3.931$45 |
| Da Direcção do I. S. T. . . . | 2.500$00 | | *Saldo para o ano seguinte* | | |
| Venda de emblemas . . . . . | 255$00 | | Valor de 5 acções da C. A. M. P. | 500$00 | |
| Diversos . . . . . | 204$95 | 4.534$95 | Dinheiro em Caixa . . . . . | 270$00 | 770$00 |
| | | 35.386$95 | | | 35.386$95 |

## 1939-1940

| RECEITA | | | DESPESA | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Saldo do ano anterior* | | | *Pessoal* | | |
| Valor de 5 acções da C. A. M. P. | 500$00 | | Vencimentos e gratificações . . | | 10.583$00 |
| Dinheiro em Caixa . . . . . | 270$00 | 770$00 | *Jogos* . . . . . | | 1.151$05 |
| *Cotas e Joias* . . . . . | | 27.953$50 | *Grupo Desportivo* . . . . . | | 10.629$00 |
| *Jogos* . . . . . | | 7.412$10 | *Departamento aeronáutico* . . . . | | 902$00 |
| *Receitas Gerais* | | | *Secção fotográfica* . . . . . | | 100$00 |
| Subsídio do Ministério da Educação Nacional . . . . . | 675$00 | | *Secção cultural* . . . . . | | 400$00 |
| Da Mocidade Portuguesa . . . | 2.050$00 | | *«Técnica»* . . . . . | | 11.172$00 |
| Da Comissão do Baile dos Novos Engenheiros . . . . . | 221$00 | | *Gastos Gerais* . . . . . | | 5.094$35 |
| Secção de papelaria . . . . . | 1.260$70 | | *Saldo para o ano seguinte* | | |
| Aluguer de cabines . . . . . | 430$00 | | Valor de 5 acções da C. A. M. P. | 500$00 | |
| Venda de emblemas . . . . . | 463$00 | | Dinheiro em caixa . . . . . | 1.917$85 | 2.417$85 |
| Saldo do Gr. Desportivo (38-39) | 45$00 | | | | |
| De vidros e objectos partidos (38-39) . . . . . | 441$00 | | | | |
| Cotas do Departam. Aeronáutico | 92$00 | | | | |
| Saldo do Gr. Desportivo (39-40) | 115$80 | | | | |
| Saldo da Secção Cultural (39-40) | 6$90 | | | | |
| Objectos partidos na cantina . . | 271$50 | | | | |
| Diversos . . . . . | 241$75 | 6.313$65 | | | |
| | | 42.449$25 | | | 42.449$25 |

A acção da caixa de empréstimos de Honra, que como se sabe é mantida por cotização voluntária dos Ex.mos Senhores Professores do Instituto, foi alargada à concessão de pequenos subsídios, destinados a ajudar os alunos mais necessitados, na satisfação dos encargos correntes da sua vida escolar. As suas contas são resumidamente:

**1938-39**

| | |
|---|---|
| Receitas | 5.725$65 |
| Despesas | 4.196$75 |
| Saldo para o ano seguinte | 1.528$90 |

**1939-40**

| | | |
|---|---|---|
| Receitas: | | |
| Saldo do ano anterior | 1.528$90 | |
| Cotização | 1.452$00 | |
| Empréstimos restituídos | 7.690$00 | 10.670$90 |
| Despesas: | | |
| Em empréstimos | 10.052$00 | |
| Em subsídios | 280$00 | 10.332$00 |
| Saldo para o ano seguinte | | 338$90 |

Terminada a exposição sumária do que foi a acção da sua gerência nos dois anos lectivos 1938-39 e 1939-40, cumpre à Direcção da Associação agradecer com reconhecimento, a colaboração de todos os que permitiram com o seu auxílio, o pouco que ela fêz, destacando no entanto os Directores das Secções pela sua sempre tão valiosa colaboração. Lembramos também reconhecidos o pessoal da Associação pela sua tão desinteressada dedicação pelo serviço e de uma maneira geral todo o pessoal do Instituto, incluindo o das oficinas pelas atenções que sempre tiveram para connosco e para com a Associação.

E se êste resumido relatório puder de algum modo ser como se deseja o intérpete de uma actividade, que êle o seja mais daquela desenvolvida pelos alunos, que um desejo tão real como meritório, procuram aperfeiçoar os seus conhecimentos e a sua cultura geral e física, não se importando de sobrecarregar assim, mais ainda, uma já tão pesada vida escolar, do que a da Direcção da Associação que outra coisa não pretendeu senão fomentá-la e agora realçar o seu valor.

Que a todos os alunos do Instituto Superior Técnico, sempre anime êste desejo de aperfeiçoamento, que deve ser tão grande como a grandeza e as responsabilidades da missão que se propõem, procurando na educação do seu espírito e no desenvolvimento da sua cultura geral e física, manter para o Técnico o título de templo do trabalho, retemperador da vontade e modelador de caracteres, enfim o de Escola de Saber, de Patriotismo e de Virtudes, são ao terminar, os nossos desejos mais sinceros.

Lisboa, 1 de Fevereiro de 1941.

O Presidente da Direcção

a) *Júlio Freire Themudo Barata*

# PUBLICAÇÕES RECEBIDAS

## Publicações não periódicas

**Salazar, prime minister of Portugal, Says** — Edição do S. P. N.

## Publicações periódicas

**PORTUGAL**

AGROS — Novembro e Dezembro de 1940.
A ARQUITECTURA PORTUGUESA E CERÂMICA E EDIFICAÇÃO — Fevereiro de 1941.
BOLETIM DA ORDEM DOS ENGENHEIROS — Março de 1941.
BOLETIM DA JUNTA NACIONAL DE CORTIÇA Março de 1941.
BOLETIM DA SOCIEDADE DE GEOGRAFIA — Janeiro-Fevereiro de 1941.
ESTUDOS — Fevereiro e Março de 1941.
GAZETA DOS CAMINHOS DE FERRO — Março de 1941.
GAZETA DE MATEMÁTICA — N.º 6 — 1941.
GIL VICENTE — Janeiro-Fevereiro de 1941.
A GRANJA — N.º 7 — 1941.
INDÚSTRIA PORTUGUESA — Março de 4941.
NEPTUNO — Janeiro, Fevereiro e Março de 1941.
OCIDENTE — Março de 1941.
REVISTA AGRONÓMICA — N.os 3-1939 e 3-1940.
REVISTA DE ARTILHARIA — Fevereiro de 1941.
SEARA NOVA — N.os 710-714.

**ARGENTINA**

LA INGENIERIA — Dezembro de 1940.
CIENCIA Y TECNICA — Outubro e Novembro de 1940.

**BRASIL**

BOLETIM TÉCNICO DA SECRETARIA DE VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS — N.º 2-1940.

**CHILE**

REVISTA DE CAMINOS — Dezembro de 1941.

**ESPANHA**

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS — Abril de 1941.

**HUNGRIA**

TECHNIKA — Março de 1941.

**ITÁLIA**

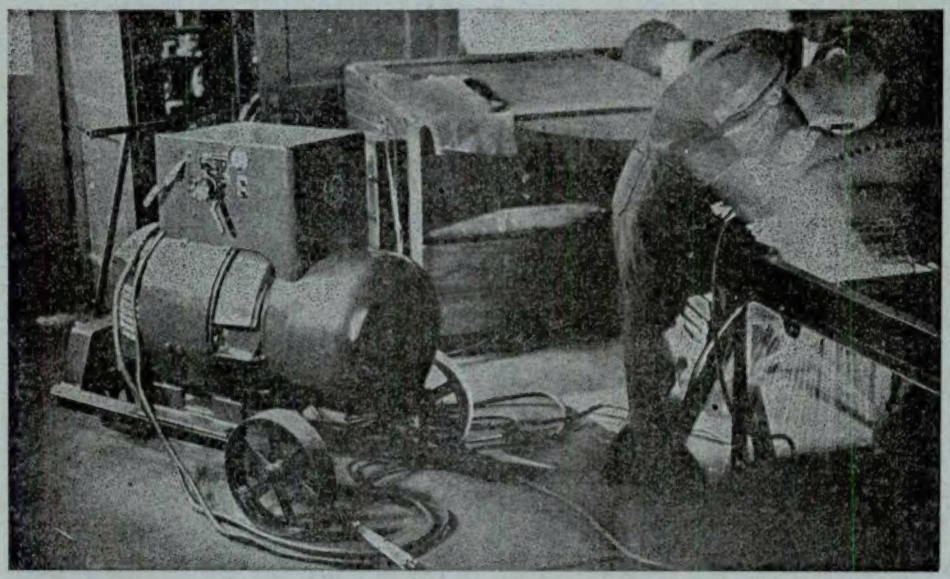
ANNALI DEI LAVORI PUBLICI — Dez. de 1940.
L'ELECTROTECNICA — 10 e 25 de Fev. e 5 e 25 de Março de 1941.
L'INGEGNERE — N.º 2, de 1941.
RADIO E TELEVIZIONI — Março de 1941.
L'ORGANYZIONE SCIENTIFICA DEL LAVORO — Janeiro, Fevereiro e Março de 1941.

**SUECIA**

ASEA-REVUE — N.os 1-2 — 1941.

# GENERAL ELECTRIC

## Schenectady, N. Y.



Instalação de soldadura eléctrica com grupo rotativo

Motores e dínamos. Alternadores. Transformadores. Aparelhos para alta e baixa tensão. Centrais termo e hidroeléctricas. Instalações para melhorar o factor de potência. Tracção eléctrica. Máquinas, Transformadores e Electrodos para soldadura eléctrica. Fornos eléctricos. Automotoras eléctricas e Diesel-Eléctricas. Turbinas de vapor. Aparelhos de iluminação. Instrumentos de medida. Cabos e fios. Electrificação de fábricas. Comandos eléctricos especiais para fábricas téxteis, fábricas de papel, etc. Máquinas frigoríficas.

**THOMSON**
**GENERAL ELECTRIC**

**Portuguesa, L.da**

LISBOA
**Rua do Norte, 5**

Telef. 28135-28136

Granulados de mármores

para exportação e para o país

Mosaicos de granulados de mármore

*OS MAIS BONITOS*
*OS MAIS RESISTENTES*
*OS MAIS VANTAJOSOS*

Soc. Portuguesa CAVAN

Rua D. Estefania, 42

*Telefone 47812 — Lisboa*

FILIAL NO PÔRTO:

PRAÇA DA BATALHA, 90, 2.º

PUBLICAÇÕES DA TÉCNICA

Normas e Regulamentos para Instalações Eléctricas

Viga de Comprimento finito assente sôbre terreno elástico
Prof. G. MAGNEL

Tabelas de Resistência de Materiais
Prof. VICENTE FERREIRA

Ábacos para o Cálculo de Betão Armado
Eng. VASCO COSTA

Regulamento do Betão Armado
(1929)

**A' venda na redacção da TECNICA**

Sika

— Uma —
Impermeabilização perfeita obtem-se com

SIKA

**nas construções urbanas, industriais e obras hidráulicas**

**SUPRIME HUMIDADES**
**EVITA INFILTRAÇÕES**

FABRICANTES:
KASPAR WINKLER & C.º
**Zürich — Altstetten (Suissa)**

AGENTE-DEPOSITÁRIO EM PORTUGAL:
CARLOS ABREU BAPTISTA
**Rua da Emenda, 111, 1.º — LISBOA**
**Telefone 26902**

EMULSÕES

de asfalto para estradas

Todos os tipos e percentagens

**TELEFONE 20879**
**Telegramas: Epalda — LISBOA**

**FÁBRICA EM SACAVÉM**

EMPRÊSA DE SONDAGENS E FUNDAÇÕES, L.DA

COM

# Eng. Ricardo E. Teixeira Duarte

(um quarto de século de especialização técnica)

Sondagens geológicas

—

Poços artezianos

—

Rebaixamentos do nível freático

—

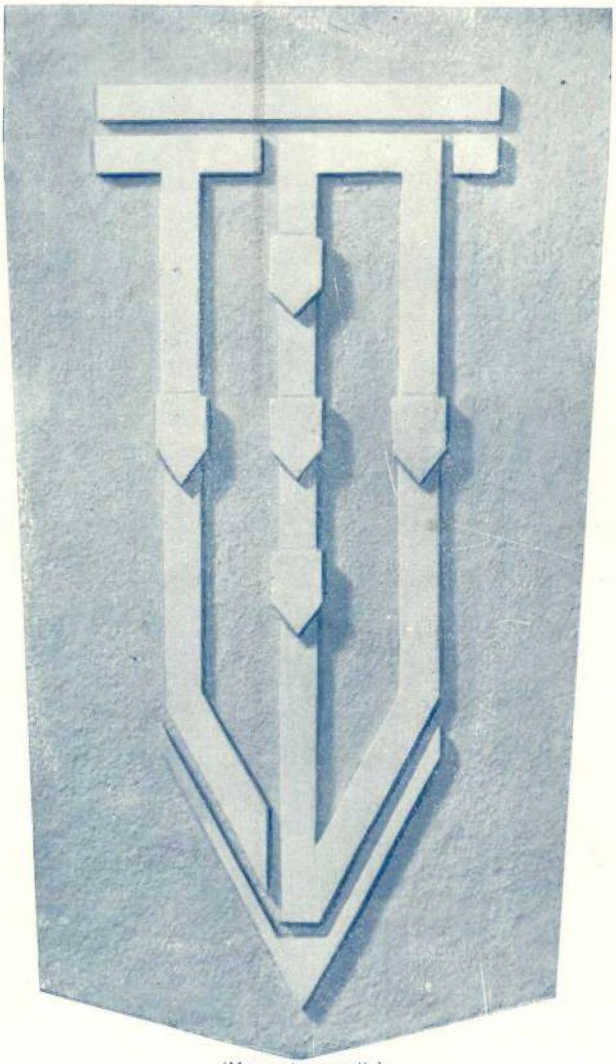
Consolidações do solo

—

Impermeabilização de rochas

—

Captações de água subterrânea



(Marca de garantia)

Fundações de todos os géneros

—

Alicerces económicos

—

Estacas de todos os tipos

—

Consolidação de más fundações

—

Obras hidráulicas

—

Obras subterrâneas

LISBOA — RUA AUGUSTA, 280, 3.° E 4.°

TELEFONE 2 3962

SOCIEDADE ANÓNIMA

# BROWN, BOVERI & CIE.

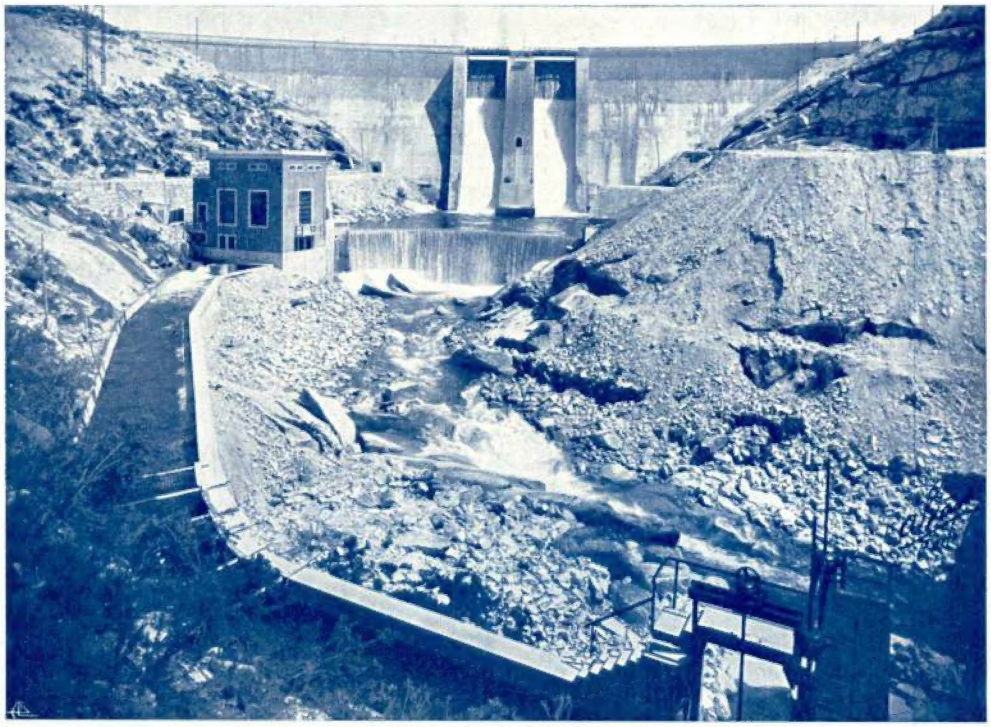
## BADEN (SUISSA)

**Representante geral para Portugal e Colónias:**

## EDOUARD DALPHIN

**Escritório Técnico: Rua de Passos Manuel, 191, 2.º // PORTO // Tel. 2411**

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diessel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, etc.



**Barragem do Ermal, da Companhia Electro-Hidráulica de Portugal, com 20 milhões de metros cúbicos de capacidade da albufeira. Na parte central, duas comportas automáticas, da casa construtora «Ateliers des Charmilles», de 9 × 5 metros, para a evacuação das cheias. Em baixo, a central automática de Guilhofrei (I) com uma turbina vertical tipo Kaplan (Ateliers des Charmilles) de 2750 cavalos e o canal de condução da água à central do Ermal (central II) com uma turbina vertical tipo Francis de 6250 cavalos (Ateliers des Charmilles) e duas horizontais (Escher-Wyss) de 500 e 1500 cavalos. Tôda a parte eléctrica (alternadores, transformadores, aparelhos de 2000 e 30000 Volts) da casa BROWN, BOVERI & Cie.**